

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Jelena Marčetić**

**ANALIZA KORELACIJE IZMEĐU DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI**  
**OZNAKA NA KOLNIKU**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2016.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT**

Zagreb, 19. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**  
Predmet: **Prometna signalizacija**

**DIPLOMSKI ZADATAK br. 2340**

Pristupnik: **Jelena Marčetić (0135214559)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza korelacije između dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku**

**Opis zadatka:**

Oznake na kolniku su skup longitudinalnih i transversalnih linija, natpisa i simbola te predstavljaju dio cjelokupne prometne signalizacije. Oznake na kolniku uctavaju se, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u kolnički zastor i ne smiju povećavati sklizavost kolnika. Njihov je cilj upozoravati, voditi te informirati sudionike u prometu o sigurnom upravljanju vozila pritom pazeći na zakonska ograničenja. Ispitivanja vrijednosti retrorefleksije oznaka na kolniku vrše se pomoću metoda statičkog i dinamičkog ispitivanja vidljivosti. Da bi se smanjio broj prometnih nesreća i samim time povećala sigurnost sudionika u prometu, potrebno je analizirati prosječne izmjerene vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti na određenom mjernom intervalu te ih dovesti u međusobni odnos.

Zadatak diplomskog rada je analizirati prikupljene podatke o vrijednostima dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku u svrhu definiranja njihove međuovisnosti. Pretpostavlja se da bi se na taj način omogućila konstantna visoka razina vidljivosti te odredio prioritet održavanja oznaka uz mogućnost ušteda pri izvođenju i održavanju. Kroz analizu korelacije između dnevne i noćne vidljivosti treba dobiti matematički odnos koji omogućuje procjenu vrijednosti dnevne vidljivosti prema izmjenom podatku o vrijednosti noćne vidljivosti i obratno.

Zadatak uručen pristupniku: 8. veljače 2016.

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

**DIPLOMSKI RAD**

**ANALIZA KORELACIJE IZMEĐU DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI  
OZNAKA NA KOLNIKU**  
**CORRELATION ANALYSIS BETWEEN THE DAY AND NIGHT  
VISIBILITY OF ROAD MARKINGS**

Mentor: Doc.dr.sc. Darko Babić

Student: Jelena Marčetić, 0135214559

Zagreb, 2016

## SAŽETAK

Oznake na kolniku su važan element za sigurno odvijanje prometa jer pružaju vozaču potrebne informacije te mu identificiraju sigurnu putanju vožnje. Predstavljaju skup longitudinalnih i transverzalnih crta, natpisa i simbola. Njihovom kombinacijom se oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi. Kao bitan čimbenik prometne signalizacije imaju pravnu vrijednost te moraju u potpunosti odgovarati zakonskoj regulativi. Cilj ovog diplomskog rada je na temelju ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku na državnim cestama duž RH, koje je provedeno od strane Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti u periodu od 2012 do 2014 godine, analizirati korelaciju između dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku. U diplomskom radu detaljno su opisane vrste oznaka i materijala od kojih se oznake izrađuju te njihove prednosti i nedostaci. Također, objašnjeni su pojmovi dnevne i noćne vidljivosti te glavne metode njihova mjerenja.

**Ključne riječi:** *oznake na kolniku; dnevna i noćna vidljivost; prometna sigurnost;*

*retrorefleksija*

## SUMMARY

Road markings are important element for safe traffic because they provide necessary information for drivers and identify safe path of travel. They are a set of longitudinal and transversal drafts, letters and symbols and with their combinations is formed surface on transportation infrastructure. As an important factor traffic signalization they have legal value and must fully comply with the technical conditions for the work on the implementation of the road markings on the roads. The aim of this diploma work is based on the measurement, which is conducted by the Department for Traffic Signalization, Faculty of Transport and Traffic Sciences in period from 2012 to 2014 year, to analyze the correlation between day and night visibility of roadmarkings. In this diploma work are described roadmarkings and the materials from which they are made, and their advantages and disadvantages. Also, here are explained the concepts of day and night visibility and the main methods of quantification.

**Keywords:** *roadmarkings; day and night visibility; traffic safety; retroreflection*

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. DEFINICIJA OZNAKA NA KOLNIKU .....	3
2.1. Podjela oznaka na kolniku .....	4
2.2. Vrste materijala za izradu oznaka na kolniku .....	10
2.2.1. Bojane oznake .....	11
2.2.2. Plastični materijali za izradu oznaka na kolniku .....	12
2.2.3. Oznake izrađene trakom .....	15
3. TEORIJSKE OSNOVE DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU .....	17
4. METODE ISPITIVANJA VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU .....	21
4.1. Statičko ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku .....	24
4.1.1. Kentucky metoda .....	25
4.1.2. ZTV M 02metoda .....	26
4.2. Dinamičko ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku .....	27
5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA VEZANA UZ VIDLJIVOST OZNAKA NA KOLNIKU .....	29
5.1. „Civitas Renaissance Project“ .....	29
5.2. Evaluacija performansi oznaka na kolniku u New Jerseyu .....	31
6. ZAKONSKA REGULATIVA VEZANA ZA OZNAKE NA KOLNIKU .....	33
7. METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA PODATAKA O VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU .....	36
8. ANALIZA KORELACIJE DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU .....	39
8.1. Normalna distribucija podataka .....	39
8.2. Pearsonov koeficijent korelacije .....	41
8.3. T- test .....	45
9. ZAKLJUČAK .....	48
LITERATURA .....	50
POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFOVA .....	52

## 1. UVOD

Povećanje prometnog opterećenja u RH rezultiralo je povećanjem broja prometnih nesreća. U posljednjih deset godina na hrvatskim se cestama prosječno dogodilo 47 tisuća prometnih nesreća od čega je godišnje stradavalo 20 tisuća ljudi. Od tog broja 80 posto je zadobilo lakše tjelesne ozljede, 18 posto teške dok je 2 posto poginulo što prosječno predstavlja 496 poginulih osoba godišnje<sup>1</sup> To prosječno iznosi 496 poginulih osoba godišnje. Upravo iz navedenih razloga je potrebno optimizirati ulaganja u prometnu infrastrukturu te aktivnosti njenog održavanja.

Jedan od bitnih elemenata cestovne infrastrukture je i prometna signalizacija u koju spadaju i oznake na kolniku koje predstavljaju skup longitudinalnih i transverzalnih crta, natpisa i simbola. Kao takve, njihov je cilj upozoravati, voditi te informirati sudionike u prometu o sigurnom upravljanju vozilom pritom pazeći na zakonska ograničenja.

Da bi oznake na kolniku ispunjavale svoje funkcije one moraju imati zadovoljavajuću kvalitetu koja je najviše vezana za njihovu vidljivost. Kako bi se osigurala zadovoljavajuća razina vidljivosti oznaka one se moraju periodički ispitivati. Ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku provodi se na dva načina: statičkom i dinamičkom metodom. Statička metoda ispituje dnevnu i noćnu vidljivost, dok dinamička metoda ispituje retrorefleksiju, odnosno noćnu vidljivost oznaka na kolniku.

Statička ispitivanja vrše se koristeći „Kentucky“ te ZTV M 02 metodu. Glavni nedostaci ovih metoda vezani su uz dugotrajnost samog procesa ispitivanja, veće ometanje odvijanja prometa te uz moguće opasnosti za samog ispitivača s obzirom da se ispitivanja provode na otvorenoj cesti. Također, malo mjerno područje statičkih retroreflektometara zahtijeva veći broj mjernih odsječaka kako bi se dobili sustavni rezultati duž cijele dionice ceste. Dinamička metoda predstavlja najprikladniju metodu mjerenja vidljivosti (mogućnost bržeg prikupljanja velike količine podataka, daje sliku cijele dionice ceste, ne ometa odvijanje prometa) ali joj je mana što se na taj način ispituje samo noćna vidljivost (iako je ona za sigurnost prometna najvažnija). Nedostaci dinamičke metode ispitivanja su cijena dinamičkog retroreflektometra, troškovi održavanja, dodatne opreme (računala, računalni programi, itd.) i edukacije mjeritelja.

---

<sup>1</sup> Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2015., Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Zagreb, 2016.

Cilj ovog diplomskog rada je dobiti matematički odnos kojim bi se mogla procijeniti dnevna vidljivost na temelju vrijednosti noćne (i obratno) vidljivosti dobivenih dinamičkom metodom ispitivanja. Analizom odnosa dnevne i noćne vidljivosti te izradom modela moguće je eliminirati navedeni problem dinamičke metode.

Rad je podijeljen u 9 cjelina:

1. Uvod
2. Definicija oznaka na kolniku
3. Teorijske osnove dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku
4. Metode ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku
5. Dosadašnja istraživanja vezana uz vidljivost oznaka na kolniku
6. Zakonska regulativa vezana uz oznake na kolniku
7. Metodologija prikupljanja podataka o vidljivosti oznaka na kolniku
8. Analiza korelacije dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku
9. Zaključak

Drugo poglavlje rada definirana oznake na kolniku i razrađuje njihovu podjelu. Detaljno su opisani materijali od kojih se oznake izvode te su pojašnjene njihove prednosti i mane.

Kako bi poboljšali vidljivost oznaka na kolniku potrebno je samom materijalu za izradu oznaka dodati retroreflektivne elemente (staklene kuglice tj. perle). Iduće poglavlje se bavi navedenom tematikom te opisuje osnovne vrste refleksije i retrorefleksije.

Metode kojima se ispituje kvaliteta oznaka na kolniku definirane su u četvrtom poglavlju u kojem su prikazani uređaji koji služe za provođenje navedenih metoda.

Svakodnevno se provode istraživanja kojima je cilj pronaći nove metode mjerenja vidljivosti pa je u petom poglavlju dan kratki pregled nekih od istraživanja vezanih uz navedenu problematiku.

Poglavlje koje slijedi bavi se analizom sigurnosti na cestama te daje osvrt na trenutno stanje oznaka na kolniku u Republici Hrvatskoj. Također, u njemu su navedeni zakoni, norme te tehnički uvjeti koji definiraju osnovne značajke materijala, načine ispitivanja kvalitete te minimalne razineretrorefleksije koje svaka oznaka mora zadovoljiti.

U sedmom se poglavlju obrađuju podaci prikupljeni ispitivanjem dnevne i noćne vidljivosti oznaka u periodu od 2012. do 2014 godine, i to na državnim cestama duž RH.

Osmo poglavlje predstavlja i glavno poglavlje u kojem se analizira korelacija između dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku. Jakost korelacije je procijenjena korištenjem Pearsonov koeficijent korelacije te T-testa. Na temelju provedene analize slijedi zaključni dio.

## 2. DEFINICIJA OZNAKA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku predstavljaju dio prometne signalizacije koji korištenjem i kombinacijom crta, natpisa i simbola oblikuju prometnu površinu te se kao takve ne mogu nadomjestiti drugim znakovima ili propisima.<sup>2</sup>Mogu se postavljati samostalno ili u kombinaciji s prometnim znakovima i svjetlosnom signalizacijom. Oznake na kolniku se uctavaju, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u suvremeni asfaltni ili betonski kolnički zastor.

Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti definirani su osnovni uvjeti postavljanja oznake na kolnički zastor. Tako oznaka ne smije biti viša od 0.6 cm iznad razine kolnika. Iznimno, one oznake koje označuju središnje ili rubne crte na objektima ili devijacijama mogu biti više od 0.6 cm, ali njihova visina ne smije prelaziti 2.0 cm iznad razine kolnika.<sup>3</sup>

Oznake na kolniku služe za upravljanje prometom na cesti i vozačima pružaju informacije o zakonskim ograničenjima te ga upozoravaju na stanje na cesti kako bi vozač nastavio sigurno upravljati vozilom. Također, one identificiraju sigurnu putanju vožnje te na taj način vode vozača do određenog cilja.

Osnovna boja za izradu oznaka u RH je bijela. Iznimno, postoji kategorija oznaka koje se izrađuju od žute boje te njih čine oznake mjesta na kolniku i nogostupu na kojima je zabranjeno parkiranje, crte za odvajanje traka za kretanje vozila javnog prijevoza putnika, oznake parkirališnog mjesta za osobe s invaliditetom, oznake kojima se obilježavaju mjesta za određene namjene (autobusna stajališta, taxi-vozila, policija, biciklističke i pješačke staze i dr.), naprave za smirivanje prometa (umjetne izbočine i uzdignute plohe), oznake kojima se privremeno preusmjerava promet (privremena regulacija prometa) i obilježavaju privremene opasnosti na kolniku.<sup>4</sup>

Prilikom izvođenja oznaka na kolniku moraju biti ispunjeni određeni uvjeti. Radovi se izvode pri temperaturi zraka od minimalnih +10°C do maksimalnih +30°C. Optimalna temperatura je 20-25°C. Relativna vlažnost zraka treba iznositi do maksimalnih 85%, dok je optimalna 75%.<sup>5</sup>Površina kolnika mora biti potpuno suha, čista, bez prašine, ostataka soli, ulja i drugih masnih mrlja.

---

<sup>2</sup> Babić, D. Analiza metoda za ispitivanje retrorefleksije i modela predviđanja trajnosti oznaka na kolniku. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

<sup>3</sup> Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

<sup>4</sup> Ibidem

<sup>5</sup> Tehnički uvjeti za radove izvanrednog održavanja državnih cesta 2004.g.



## 2.1. Podjela oznaka na kolniku

Oznake na kolniku moguće je podijeliti prema nekoliko kriterija kao što su: trajnost, značajke retrorefleksije, način aplikacije, vrsta primijenjenog materijala, koeficijent trenja i dr. Glavna podjela oznaka na kolniku je prema funkciji, odnosno načinu primjene u prometu. Prema funkciji se dijele na uzdužne, poprečne te ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.<sup>6</sup>

### a) Uzdužne oznake na kolniku

Uzdužne oznake na kolniku su sve oznake koje su smještene paralelno s linijom koja prolazi sredinom kolnika, odnosno paralelno s osi kolnika. One se mogu izvoditi punom, isprekidanom te dvostrukom crtom. Uzdužne oznake na kolniku mogu biti rubna crta, razdjelna, crta upozorenja, crte vodilje, crte za odvajanje trakova za vozila javnog prijevoza putnika i druge.<sup>7</sup> Međusobna udaljenost između dvije usporedne uzdužne dvostruke crte iznosi 10 cm dok je minimalna širina uzdužne crte 10 cm.

Rubna crta označava rub vozne površine kolnika. Razdjelna crta razdvaja dvosmjerne površine na kojima se odvija promet, prema smjerovima kretanja. Prema pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti širina rubne crte jednaka je širini razdjelne, a obje navedene ovise o širini kolnika (tablica 1).

Tablica 1. Ovisnost širine rubne i razdjelne crte o širini kolnika

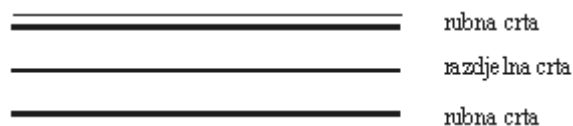
Širina kolnika	Širina rubne i razdjelne crte
$\geq 3,50$ m	20 cm
3,0 – 3,50 m	15 cm
2,75 – 3,0 m	12 cm
2,5 – 2,75 m	10 cm

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

Uzdužne crte na kolniku mogu biti pune, isprekidane i dvostruke. Puna uzdužna crta označava zabranu kretanja vozila po istoj te zabranu prelaska vozila preko navedene crte. Ona može biti puna razdjelna i puna rubna (slika 1.).

<sup>6</sup> Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

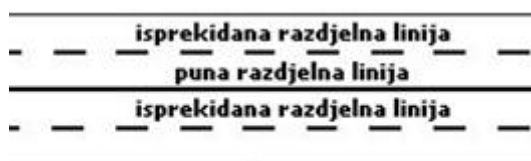
<sup>7</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija



Slika 1. Puna uzdužna crta

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

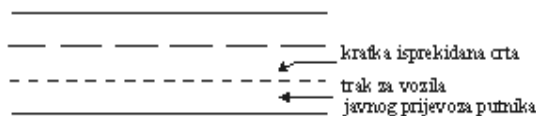
Isprekidana uzdužna crta može biti isprekidana razdjelna, kratka isprekidana, široka isprekidana te crta upozorenja<sup>8</sup>. Funkcija isprekidane razdjelne crte je da dijeli kolničku površinu na prometne trake (slika 2.).



Slika 2. Isprekidana uzdužna crta

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

Kratka isprekidana crta ima funkciju razdjelne crte na prilaznim krakovima raskrižja, kao crta vodilja u samom raskrižju te za odvajanje trakova za vozila javnog prijevoza putnika (slika 3.).



Slika 3. Kratka isprekidana crta

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

Široka isprekidana crta predstavlja rubnu crtu za razdvajanje tokova u raskrižju na cestama izvan naselja. Njena najmanja širina iznosi 30 cm.

Crta upozorenja najavljuje blizinu pune razdjelne crte (slika 4.).



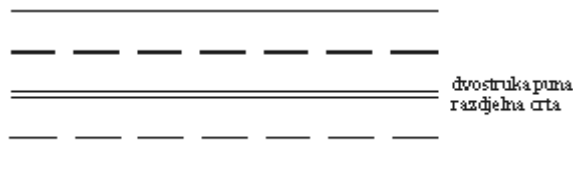
Slika 4. Crta upozorenja

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

Posljednja kategorija uzdužnih crta na kolniku su dvostruke. Ona se dijeli na dvostruku punu, dvostruku isprekidanu i dvostruku kombiniranu crtu. Dvostruka puna razdjelna crta zabranjuje vozilima prelazak preko takve i kretanje po takvoj crti (slika 5.). Njezino

<sup>8</sup> Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

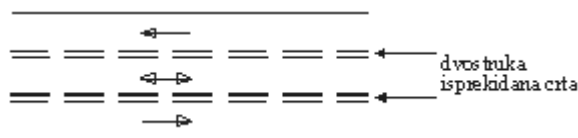
postavljanje na kolnik je obavezno za dvosmjerni promet vozila s dvije i više prometnih traka za svaki smjer, s neparnim brojem prometnih trakova ako se pretjecanje zabranjuje u oba smjera, u tunelima i prilazima tunelu u dužini najmanje 200 m, na objektima, ako to zahtijevaju prometni i sigurnosni uvjeti ceste ili okoliš ceste.<sup>9</sup>



Slika 5. Dvostruka puna razdjelna crta

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

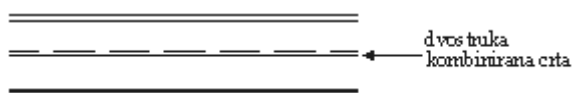
Dvostruka isprekidana razdjelna crta služi za obilježavanje prometnih traka s izmjenljivim smjerom kretanja (slika 6.). Na takvom području se prometnom upravlja prometnim svjetlima.



Slika 6. Dvostruka isprekidana crta

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

Dvostruka kombinirana crta razdvaja prometne trake na mjestima na kojima su uvjeti preglednosti takvi da dopuštaju pretjecanje samo u jednom smjeru kretanja (slika 7.).<sup>10</sup>



Slika 7. Dvostruka kombinirana crta

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

Jedna ili dvije usporedne uzdužne pune crte te dvostruka crta, od koje je jedna puna a druga isprekidana, također se mogu ucertati na dio kolnika u blizini vrha prijevoja, raskrižja, prijelaza ceste preko željezničke pruge u razini te na mjestima na kojima je preglednost ceste znatno smanjena.

#### b) Poprečne oznake na kolniku

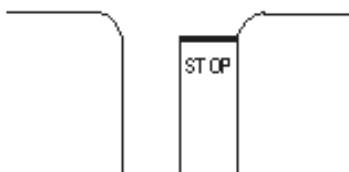
Sve oznake koje su postavljene okomito ili pod malim kutom s obzirom na os ceste čine poprečne oznake. One se obilježavaju punim ili isprekidanim crtama te mogu zahvaćati jedan

<sup>9</sup> Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

<sup>10</sup> Ibidem

ili više prometnih trakova. Poprečne trake su šire od uzdužnih, s obzirom na kut pod kojim ih vozač vidi. Osnovna podjela poprečnih oznaka je na crte zaustavljanja, kose crte, graničnike, pješačke prijelaze, prijelaze biciklističke staze preko kolnika i dr.<sup>11</sup>

Crta zaustavljanja može biti puna i isprekidana. Puna crta zaustavljanja postavljaju se na križanjima i drugim cestama koje se križaju na način da vozaču vozila osiguraju dovoljan pregled na promet vozila i pješaka preko raskrižja i tih cesta (slika 8.). Također, puna crta zaustavljanja predstavlja mjesto na kojemu vozač mora zaustaviti vozilo. Kako bi se naglasila naredba koju oznaka daje, ispred crte zaustavljanja se na kolnik može ispisati riječ STOP.



Slika 8. Puna crta zaustavljanja

*Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)*

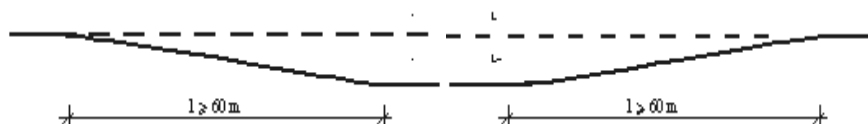
Isprekidane crte na raskrižju označuju križanje s cestom koja ima prednost prolaza.<sup>12</sup> Prema pravilniku, vozač je dužan zaustaviti vozilo i propustiti vozila koja se kreću cestom s prednošću prolaska. Mjesto na kojem vozač mora zaustaviti vozilo se osim s isprekidanom crtom može označiti trokutima s vrhom okrenutim prema vozilu (slika 9.).



Slika 9. Poprečne isprekidane crte na raskrižju

*Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)*

Kose crte se pojavljuju na autocestama i brzim cestama. Njima se označava otvaranje izlaznog traka i zatvaranje ulaznog traka. Također, kosim crtama se označava i otvaranje i zatvaranje prometnog traka namijenjenog vozilima javnog prijevoza putnika (slika 10.).



Slika 10. Kose crte

*Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)*

<sup>11</sup> Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

<sup>12</sup> Ibidem

Graničnik označuje mjesto ulaženja na kojem je potrebno odvojiti dio kolnika na kojem je zabranjen promet (slika 11.).<sup>13</sup>



Slika 11. Graničnik

*Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)*

Dio površine kolnika koji je namijenjen za siguran prijelaz pješaka je pješački prijelaz (slika 12.). Ukoliko se pješački prijelaz ne može ucrtati na kolnik može se obilježiti čeličnim ili plastičnim elementima, reflektirajućim oznakama te klinovima. Ucertan pješački prijelaz na kolniku mora biti popraćen i odgovarajućim prometnim znakovima (CO2 i A33) osim na mjestima gdje je promet reguliran svjetlosnim znakovima (semaforima). Ukoliko se pješački prijelaz nalazi u blizini škole mora biti postavljen natpis »ŠKOLA«. Biciklistička staza koja prelazi preko kolnika je prostor namijenjen isključivo za prijelaz biciklista.



Slika 12. Pješački prijelaz

*Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)*

#### *c) Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika*

Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika su strelice, polja za usmjerivanje prometa, crte usmjerivanja, natpisi, oznake za označivanje prometnih površina za posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i uzdužne oznake (oznake na predmetima uz rub kolnika) (slika 13.).<sup>14</sup>

Ako se strelica nalazi na prometnom traku koji je obrubljen punom crtom ona obilježava na obavezan smjer kretanja vozila. Ukoliko se ona nalazi na prometnom traku koji je obrubljen isprekidanom crtom, time se pruža obavijest vozačima o namjeni prometnih trakova. Strelice mogu usmjeravati promet u različitim smjerovima pa prema tome mogu označavati: jedan smjer, dva smjera (kombinirana), prestrojavanje na dva bliža križanja gdje se prestrojavanje

<sup>13</sup> Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

<sup>14</sup> Ibidem

mora obaviti prije prvoga križanja na koje je zabranjeno skretati u naznačenim smjerovima, smjer kretanja u garažama, skretanje prometa te najava završetka pretjecanja.

Polja za usmjeravanje prometa predstavljaju oznake na kolniku koje ukazuju svim vozačima u kojem bi se smjeru smjeli kretati. Na takvim površinama je zabranjeno kretanje i promet, te je također zabranjeno zaustavljanje i parkiranje vozila. Polja za usmjeravanje prometa se postavljaju između dva traka sa suprotnim smjerovima, između dva traka sa istim smjerovima, na mjestu otvaranja posebna traka za skretanje, ispred otoka za razdvajanje prometnih tokova, na ulaznom kraku na autocesti te na izlaznom kraku s autoceste.<sup>15</sup>

Crte usmjerivanja imaju zadaću usmjeravanja vozila na slobodnu površinu kolnika ispred čvrstih prepreka koje se nalaze na cesti ili uz rubove ceste. Crte usmjerivanja mogu biti ispred otoka za prestrojavanje vozila javnog prijevoza putnika, za oblikovanje prepreke na rubu ceste te za označivanje promjene korisne površine kolnika.

Natpisi na kolniku su oznake koje svim sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti za što sigurnije sudjelovanje u prometu. To mogu biti nazivi mjesta kroz koja vozač vozila prolazi, ograničenja brzine na nekoj dionici, oznake koje označavaju površinu namijenjenu isključivo za kretanje biciklista te ostale površine za posebne namjene. Određeni natpisi mogu biti izvedeni kao umetnuti prometni znakovi.

Oznake za označavanje posebnih površina služe za obilježavanje mjesta koja su onda isključivo namijenjena za korištenje određene skupine vozila ili sudionika. To može biti obilježavanje mjesta namijenjenih za autobusna stajališta, taksi vozila, obilježavanje pješačkog prijelaza u blizini škole, pješačkih i biciklističkih staza, obilježavanje mjesta na kojima je zabranjeno zaustavljanje i parkiranje te obilježavanje mjesta namijenjenim isključivo osobama s invaliditetom.

Prostor za parkiranje označava se oznakom za obilježavanje mjesta za parkiranje vozila. Parkiranje vozila u odnosu na kolnik može biti uzdužno, koso i okomito.

Za ocjenu vidljivosti u magli uz vanjsku stranu rubne crte nanose se bijele točke. Prema pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti veličina bijelih točaka treba biti 200x40 cm, a njihov razmak 35 metara.

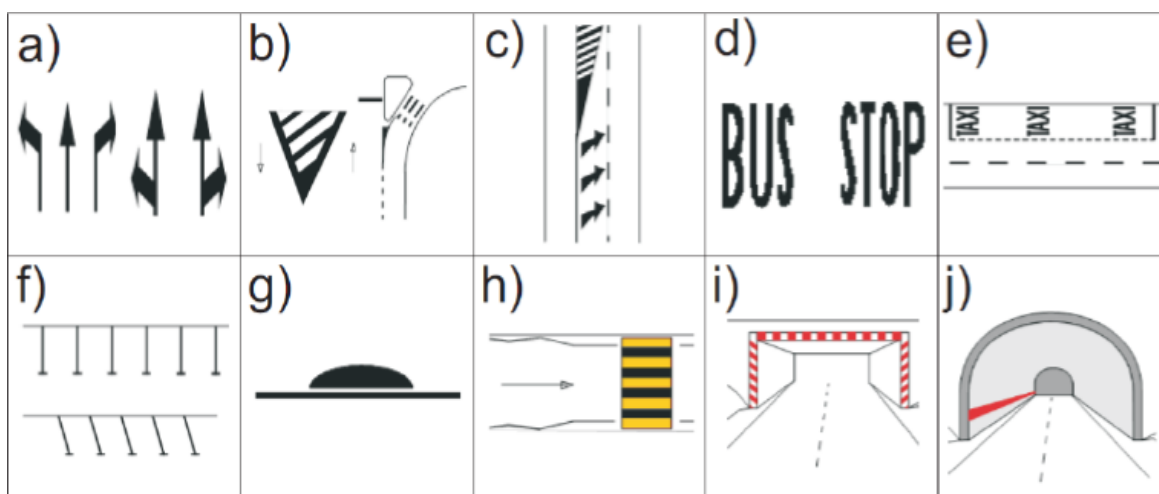
"Ležeći policajci" odnosno umjetne izbočine na kolniku i uzdignute plohe služe za smirivanje prometa.

Stalne prepreke unutar prometnog i slobodnog profila označavaju elemente konstrukcije i opreme javnih cesta a obilježavaju se crveno-bijelom i crno-bijelom oznakom. Evakuacijska

---

<sup>15</sup>Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

crtu se duž tunela nanosi sa strane na kojoj se nalaze ulazi u pješačke prolaze i prolaze za vozila. Crvene je boje a njezina širina treba iznositi 500 mm. Evakuacijska crta na oblozi tunela izvodi se tako da je donji rub crte na visini od 900 mm od razine pješačkog hodnika.<sup>16</sup>



Slika 13. Ostale oznake na kolniku

Izvor: Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

## 2.2. Vrste materijala za izradu oznaka na kolniku

Podjela materijala za izradu oznaka na kolniku može biti s obzirom na način aplikacije, vijek trajanja, cijene, strukturalne značajke i dr. Vrste materijala od kojih su oznake načinjene dijele se na boje, plastične materijale (dvokomponentna hladna plastika i termoplastični materijali) te trake (trake za trajne oznake na kolniku i trake za privremene oznake na kolniku).<sup>17</sup>Navedeni materijali i načini izrade imaju svoje prednosti, ali i nedostatke.

Pojedini materijali za oznake, kao što su npr. boje, brže će se trošiti i gubiti retroreflektirajuća svojstva na određenim cestama i u određenim uvjetima od drugih materijala. Čimbenici koji utječu na smanjenje vidljivosti, a time i na trajnost oznaka su vremenski (kiša, magla, mraz, snijeg) te prljavština, trošenje, trajnost materijala i sl. Također, veliki prometni intenzitet neke dionice uzrokuje trošenje gornjih dijelova slojeva oznake, samim time i retroreflektirajućih elemenata koji su koriste kako bi se povećala vidljivost u lošim uvjetima. Poboljšanjem otpornosti i uporabom materijala visoke kvalitete u određenoj semjeri može povećati vidljivost i trajnost oznaka na kolniku. Naravno, kvalitetniji materijali su skuplji te je iz navedenih razloga ključno kontinuirano analizirati stanje oznaka kako bi se optimizirali troškovi održavanja oznaka.

<sup>16</sup>Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

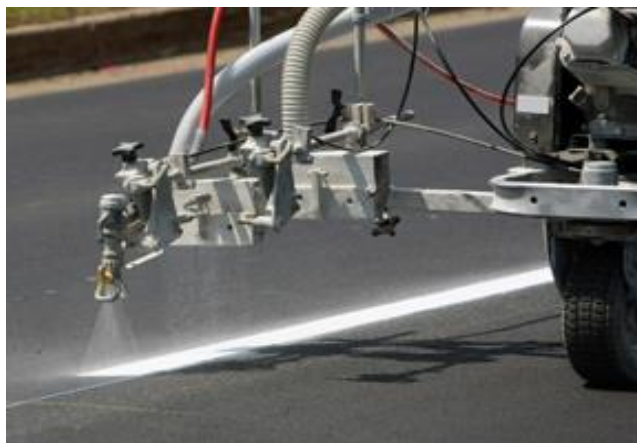
<sup>17</sup>Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

### 2.2.1. Bojane oznake

Boja je kao materijal za oznake prvi puta korištena za središnji liniju 1911. godine u Michiganu, U.S.A te je do danas ostala najviše korišten materijal od navedenih.<sup>18</sup>Pripada skupini tankoslojnih materijala u tekućem stanju, a sastoji se od pigmenata, vezivnih sredstava, punila te razrjeđivača.<sup>19</sup>Boje mogu biti jednokomponentne (odmah spremne za ugradnju) i dvokomponentne. Mogu se nanositi toplim ili hladnim postupkom što ovisi o sastavu boje. Kod toplog postupka temperatura ugradnje iznosi između 50 i 80 °C, dok se kod hladnog postupka ugradnja odvija pri temperaturi materijala i podloge između 15 i 30 °C. Boja se nanosi pri debljini od 0.3 mm pa do 0.6 mm.

Bojane oznake se nanose uz pomoć posebnih strojeva koji sadrže spremnik za boju te spremnikom za retroreflektirajuće elemente (staklene perle). Boja se prilikom izvođenja rasprši na samom završetku cijevi tzv. "pištolju" koji je pod tlakom te se odmah nakon nanošenja boje „pištoljem“ nanose staklene perle kao što je prikazano na slici 14.

Prema tvrtci 3M, pod normalne uvjete nanošenja boje smatraju se sljedeći parametri: maksimalna brzina vozila za automatsko nanošenje-12 km/h, debljina boje 0.6 mm, gustoća rasipanja dodatnih elemenata 160 g/m<sup>2</sup>, gustoća rasipanja perli 400 g/m<sup>2</sup>, nužno vrijeme sušenja 3 min, dovoljno vrijeme sušenja 6 h.<sup>20</sup>



Slika 14. Postupak nanošenja boje na kolnik

Izvor: [http://www.astm.org/SNEWS/JA\\_2009/d0144\\_ja09.html](http://www.astm.org/SNEWS/JA_2009/d0144_ja09.html) (03.06.2015)

Boje predstavljaju najlošiji materijal za izvođenje oznaka na kolniku s obzirom na trajnost. Međutim, u RH, boje su najčešće korišten materijal zbog njihove niske cijene i

<sup>18</sup> Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and Characteristics of Waterborne Road Markings Paint, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015., Vol. 5(2),p. 150-169.

<sup>19</sup>Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

<sup>20</sup>Ibidem



jednostavnosti izvođenja. S obzirom na njihovu vidljivost u noćnim i uvjetima smanjene vidljivosti te trajnost, boje su prikladne za ceste s manjim prometnim opterećenjem i brzinama.

Upravo zbog relativno kratke trajnosti, bojane oznake je potrebno često obnavljati da bi zadržale svoju kvalitetu i funkcionalnost. Postavljanje bojanih oznaka na kolnik najčešće se izvodi krajem proljeća, a njihova vidljivost vidno opada u roku od 4 do 6 mjeseci nakon nanošenja naročito u zimskom periodu zbog abrazivnog djelovanja posipnog materijala te ralica.

Iz svega navedenog, može se zaključiti da su glavne značajke bojanih oznaka na kolniku sljedeće: kratki vijek trajanja, slabi koeficijent refleksije, slaba vidljivost na mokrom kolniku, tekuće agregatno stanje te dodavanje staklenih perli radi povećanja retroreflektivnih svojstava.<sup>21</sup>

### **2.2.2. Plastični materijali za izradu oznaka na kolniku**

Plastični materijali, za razliku od bojanih, spadaju u skupinu debeloslojnih oznaka. Sastoje se od sintetičkih veziva, prirodnih i umjetnih smola, pigmenata, punila i perli. Plastični materijali se na kolnik nanose debljinom od 1 do 3 mm (iznimno do 6 mm za profilirane oznake) te pri povišenoj temperaturi ili hladne. S obzirom na način izvođenja dijele se u dvije skupine<sup>22</sup>:

- hladna plastika
- termoplastika

Hladna plastika predstavlja materijal koji dolazi u polutekućem stanju te mu se dodaju aditivi za zgrušavanje mase (slika 15.). Nakon početnog zgrušavanja hladna plastika se nanosi na kolnik te u vremenskom periodu od dvadeset minuta vozila mogu preko njih prelaziti. Oznake mogu biti profilirane ili neprofilirane, te im prema tome debljina nanosa varira od 1 do 6 mm. Za razliku od oznaka nastalih od boje, plastični materijali imaju duži vijek trajanja, od 2 do 4 godina te se postavljaju u gradovima i na cestama s velikim prometnim intenzitetom.

Osim dugog vijeka trajanja, oznake od hladne plastike imaju sljedeće prednosti: odlično prijanjanje na beton i asfalt, vrlo dobra stabilnost oblika pri visokim temperaturama, dobro prijanjanje na postojeće boje na bazi otapala i oznake od hladne plastike, otporne na trošenje, otporne na klizanje zbog korištenja hrapavih punila, vrlo dobro prijanjanje perli zbog posebno izrađenih premaza, nema pukotina u asfaltu ili plastici zbog fleksibilnosti metakrilata, dobra

---

<sup>21</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

<sup>22</sup> Ibidem

otpornost na motorna ulja, goriva i na sredstva za odleđivanje, dobra otpornost aglomeratnih oznaka na ralice za uklanjanje snijega, otpornost na vremenske utjecaje, otpornost na klizanje i trajnost te dr.<sup>23</sup>



Slika 15. Hladna plastika

Izvor: <http://www.vps-prometna-signalizacija.hr/proizvodi/7/debeloslojne-horizontalne-oznake>  
(04.04.2016)

Aglomeratne strukturirane oznake pravljene od hladne plastike pružaju veću vidljivost u mokrim ili kišnim uvjetima (slika 16.). Njihove karakteristike su: vrlo dobar odnos cijene i performansi zbog smanjene potrošnje materijala, odličan učinak za odvodnju, trajnost i stabilnost oblika s obzirom na određena naprezanja (ralice) te mogućnost jednostavnog obnavljanja tankim materijalima (poput filma boje visoke čvrstoće, dvokomponentne boje ili hladnaspray plastika). Nema rizika od klizanja za pješake i motocikliste. One također imaju samo-čisteći efekt gdje kiša opere prašinu i ostale nečistoće. Zbog dobrih performansi ove oznake omogućuju sigurnu vožnju i do nekoliko godina. Prosječna debljina sloja kod aglomeratnih oznaka iznosi 2-3 mm.



Slika 16. Termoplastika

Izvor: <http://www.signalizacija.hr/serviceHor.ht> (04.04.2016)

---

<sup>23</sup>Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

Termoplastika je vrsta materijala koja se dugi period koristi u europskim zemljama. Za to je zaslužan njezin dugi vijek trajanja, od 2 do 5 godina. Također, sama trajnost oznake ovisi i o klimatskim uvjetima, lokaciji i poprečnom presjeku ceste, intenzitetu prometa, kvaliteti i stanju podloge i dr. Prednosti ovog materijala jesu vrlo dobra vidljivost u svim vremenskim prilikama, ekološka prihvatljivost s obzirom da ne sadrže otapala, manja osjetljivost na vanjsku temperaturu i temperaturu kolnika u odnosu na boju i trake što znači da se mogu postavljati duži vremenski period tijekom godine itd.

Sastoje se od čvrstih hidrokarbonata ili alkidnih smola pomiješanih s pigmentima, punilima i staklenim perlama. Smola se koristi od prirodno obnovljenih izvora, plantaža borova te iz petrolejskih destilata. Termoplastični materijali ne sadrže otapala te su smole iz obnovljivih prirodnih izvora, ali potreba za njihovim zagrijavanjem dva puta uvelike povećava utjecaj na okoliš.<sup>24</sup>

Na tržištu se termoplastika može pronaći u dva oblika: u blokovima i u prahu<sup>25</sup>. Prije samog izvođenja, bilo da je riječ o blokovima ili prahu, termoplastika se treba zagrijati na temperaturi od oko 180 °C te kuhati otprilike 2 sata uza tu svrhu posebno dizajniranim kotlovima. Kada je proces kuhanja termoplastike gotov, ona se postavlja na kolnik te je potrebno desetak minuta nakon kojih se vozila mogu slobodno kretati preko oznaka. Ukoliko se termoplastični materijali postavljaju na beton, potrebno je imati određenopovezujuće sredstvo.

Termoplastične oznake, kao i oznake izvedene hladnom plastikom, mogu biti profilirane i neprofilirane. Neprofilirane oznake se koriste učestalo dok se profilirane koriste ukoliko se želi povećati razina sigurnosti u prometu. Razina sigurnosti se povećava na način da profilirane oznake stvaraju vibracije vozila i specifičan zvučni efekt ukoliko se kotačima prijeđe ili vozi preko njih. Na taj se način vozači upozoravaju da su se približili rubu ceste. Uobičajena debljina sloja koji se nanosi na kolnik je u rasponu od 1 do 3 mm, dok neprofilirane oznake ne smiju biti deblje od 6 mm.

Za izradu termoplastičnih oznaka se koristi poseban stroj po nazivu Extruder. Pomoću tog stroja moguće je izvesti profilirane, neprofilirane i kombinirane oznake na kolniku te još više od 50 različitih dizajna crta.

---

<sup>24</sup> Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and Characteristics of Waterborne Road Markings Paint, International Jurnal for Traffic and Transport Engineering, 2015., Vol. 5(2),p. 150-169.

<sup>25</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija



Slika 17. Prikaz stroja za nanošenje termoplastike-Extruder

Izvor: [www.hofmannmarking.de/en/picture.php?id=71](http://www.hofmannmarking.de/en/picture.php?id=71) (04.04.2016)

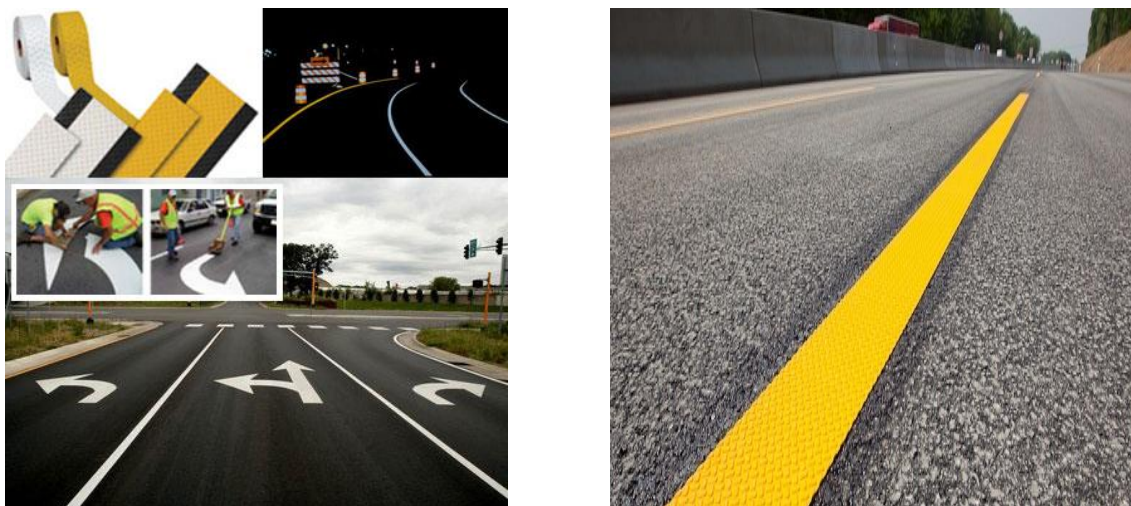
Extruder se sastoji od sustava brizgaljki koje su povezane u cjelinu te centralne mikroprocesorske jedinice (slika 17.). Širina crte koja se s Extruderom može povlačiti iznosi od 5 do 50 cm a zbog sustava brizgaljki se lako može regulirati širina koja se želi postići.<sup>26</sup> Sustav brizgaljki povezan je s centralnom mikroprocesorskom jedinicom, koja ima zadatak da na temelju unesenih podataka o vrsti i dizajnu crte upravlja složenim sustavom brizgaljki, sustavom za koordinaciju pritiska zraka i doziranjem materijala iz spremnika i dr. Extruder se postavlja na bočnu stranu stroja.

### 2.2.3. Oznake izrađene trakom

Oznake izrađene trakom se postavljaju na kolnik lijepljenjem te raznim toplinskim postupcima, a ovisno o namjeni, mogu biti tankoslojne i debeloslojne. Također, mogu biti prerađene termoplastične oznake u obliku simbola ili pješačkih prijelaza koje se apliciraju zagrijavanjem otvorenim plamenom. Oznake izrađene trakom imaju najbolja reflektivna svojstva jer su sferični retroreflektivni elementi ugrađuju industrijski te je njihov omjer ravnomjeran duž cijele površine.

Dva su osnovna načina postavljanja oznake izrađene trakom: neposredno nakon asfaltiranja i postavljanje na stare betonske i asfaltne gornje slojeve ceste. Neposredno nakon asfaltiranja predstavlja in-lane tehnologiju. Nakon što se trake postave na asfalt one se valjkom uvaljaju u površinu te na taj način ulaze u gornji sloj asfalta. On-lane tehnologija tj. postavljanje na stare betonske i asfaltne slojeve u svom procesu koristi posebno izrađena ljepila.

<sup>26</sup>Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija



Slika 18. Trake za trajne i privremene oznake

Izvor: [http://sio.hr/horizontalna-signalizacija/\(04.04.2016\)](http://sio.hr/horizontalna-signalizacija/(04.04.2016))

Oznake koje se izvode pomoću trake mogu biti kratkotrajne i dugotrajne te se razlikuju bojom i strukturom (slika 18.). Trake za trajne oznake se mogu postavljati na asfaltne površine, kako na nove tako i na stare asfaltne površine pritom koristeći posebna ljepila. One se također mogu postavljati na kolnike izrađene od betonskog materijala. Trake za privremene oznake reguliraju promet u izvanrednim situacijama, primjerice pri korekciji postojeće dionice gdje je promet usmjeren na neki drugi trak i sl. Takve se trake moraju razlikovati od drugih oznaka te se izvode žutom ili narančastom kako bi se naglasile. Nakon prestanka njihove potrebe trake za privremene oznake je potrebno ukloniti.

Trake se proizvode u tvornicama te se dopremaju u rolama različitih dimenzija, a glavna im je prednost što ne zahtijevaju skupu opremu, iskusno radno osoblje na terenu te određeni vremenski period sušenja. Cijena trake može dostići čak 60 €/m<sup>2</sup> a cijena aplikacije je pet do deset puta viša nego cijena aplikacije termoplastičnih materijala.<sup>27</sup>

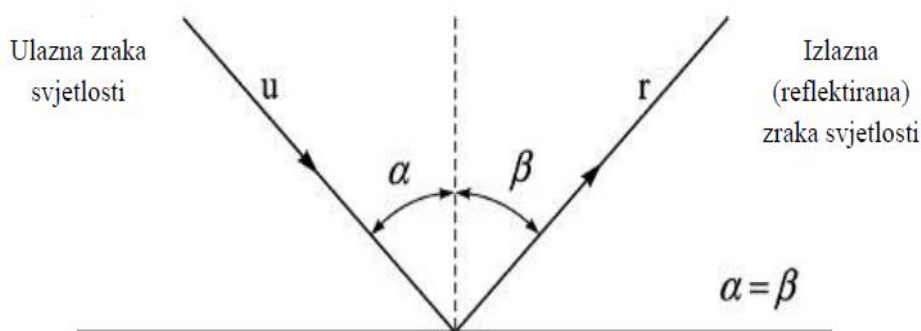
<sup>27</sup> Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and Characteristics of Waterborne Road Markings Paint, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015., Vol. 5(2),p. 150-169.

### 3. TEORIJSKE OSNOVE DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU

Sama vidljivost je bitan čimbenik u prometu jer vozač tijekom vožnje prima 90% informacija putem vida.<sup>28</sup>Oštrina vida opada s povećanjem starosti vozača pa je tako starijim vozačima potrebno više svjetla za uočavanje prometne signalizacije. Tako je dokazano da je potrebna dvostruka količina svjetlosti svakih 13 godina vozača kako bi se vidjele iste informacije.<sup>29</sup>Vidljivost određenog predmeta određuje jačina i boja svjetla kojim zrači u usporedbi s jačinom i bojom svjetla kojim zrači njegova okolina. Da bi oznake na kolniku zadovoljile određenu razinu sigurnosti one moraju imati zadovoljavajuća retrorefleksija svojstva.

Refleksija je pojava koja predstavlja omjer svjetlosti koja pada na površinu sa količinom svjetlosti koja se od te površine odbija, odnosno reflektira. Refleksija će biti veća ukoliko je površina od koje se svjetlost odbija svjetlija. U prirodi postoje tri vrste refleksije: zrcalna, difuzna i retrorefleksija.<sup>30</sup>

U zrcalnoj refleksiji svjetlost upada te se reflektira pod istim kutom pod kojim je i upala u suprotnom smjeru kao što je prikazano na slici 19. U prometu nastaje na mokrim i zaleđenim kolnicima te uzrokuje bliještanje vozačima iz suprotnog smjera.



Slika 19. Zrcalna refleksija

Izvor: [http://www.zemris.fer.hr/predmeti/ra/Magisterij/10\\_Sajko/fms.html\(04.04.2016\)](http://www.zemris.fer.hr/predmeti/ra/Magisterij/10_Sajko/fms.html(04.04.2016))

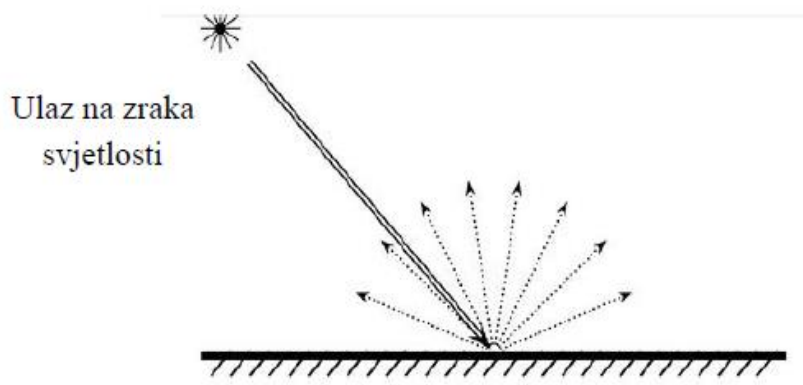
Difuzna refleksija nastaje kada se svjetlost odbija od grube površine. Svjetlost se u tom slučaju odbija u svim smjerovima te se jako mali dio vraća u smjeru izvora kao što je prikazano na slici 20. Difuzna refleksija uzrokuje veoma slabu vidljivost noću.

<sup>28</sup>Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

<sup>29</sup>Ibidem

<sup>30</sup>Ibidem

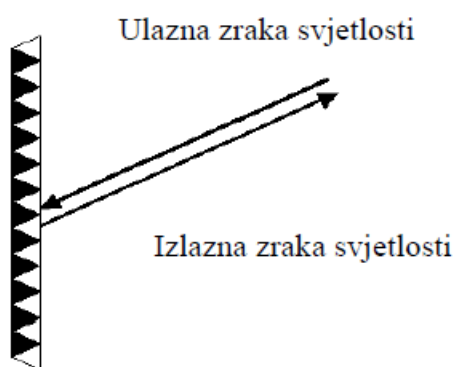




Slika 20. Difuzna refleksija

Izvor: [http://www.zemris.fer.hr/predmeti/ra/Magisterij/10\\_Sajko/fms.html\(04.04.2016\)](http://www.zemris.fer.hr/predmeti/ra/Magisterij/10_Sajko/fms.html(04.04.2016))

Pri retrorefleksiji svjetlost upada pod određenim kutom te se nakon toga uvijek vraća prema svom izvoru kao što je prikazano na slici 21. Iz tog razloga je retrorefleksija najvažnija vrsta refleksije za prometnu signalizaciju. U uvjetima slabe vidljivosti i noću pruža vozaču odličnu vidljivost.



Slika 21. Retrorefleksija

Izvor: [http://www.zemris.fer.hr/predmeti/ra/Magisterij/10\\_Sajko/fms.html\(04.04.2016\)](http://www.zemris.fer.hr/predmeti/ra/Magisterij/10_Sajko/fms.html(04.04.2016))

Retrorefleksija osigurava povećanje vidljivosti noću i u uvjetima kada je vidljivost bitno smanjena (mrak, magla, snijeg, kiša). U prometu djeluje tako da svjetlo od farova vozila usmjerava u oči vozača te se ovisno o vrsti retroreflektirajućih elemenata dijeli na: sferičnu i prizmatičnu.

Kod sferične retrorefleksije ulazni svjetlosni trak prolazi kroz prednju površinu staklene kuglice te se on s stražnje strane staklene kuglice reflektira. Ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice svjetlost se lomi i vraća u smjeru izvora.

Prizmatična retrorefleksija ima veliki koeficijent retrorefleksije pa iz tog razloga ima bolji učinak od sferične. Pomoću tri jednake okomite površine koje čine prizmu, ulazni trak svjetlosti se reflektira u smjeru svog izvora usporedno s ulaznim svjetlom.

Kao što je već navedeno, u uvjetima slabe vidljivosti potrebno je poboljšati vidljivost oznaka na kolniku. Iz tog razloga potrebno je samom materijalu za izradu oznaka na kolniku dodati retroreflektivne elemente. Sama kvaliteta oznaka na kolniku ovisi o: količini staklenih kuglica po m<sup>2</sup>, raspodjeli staklenih kuglica po materijalu oznake (termoplastika, hladna plastika), odnosu između veličine staklenih kuglica i debljine sloja oznake, stupnju utiskivanja staklenih kuglica, viskozitetu materijala oznake te uvjetima okoline.<sup>31</sup> Za procjenu kvalitete staklenih perli koristi se snaga retrorefleksije te indeks loma. Snaga refleksije predstavlja omjer izlazne sjajnosti površine i ulaznog osvijetljenja na toj površini<sup>32</sup> kao što je prikazano u izrazu (1).

$$R = \frac{L}{E} \quad (1)$$

Mjerna jedinica za sjajnost je kandela po metru kvadratnom, a za osvijetljenje luks. Samim time, mjerna jedinica za snagu retrorefleksije je kandela po luksu metru kvadratnom. Same karakteristike upadne svjetlosti nisu ključni element o kojemu ovisi snaga, već je to materijal. Ukoliko je sposobnost materijala da vrati što veću količinu svjetlosti velika, tada će i snaga retrorefleksije biti veća.

Indeks loma je čimbenik kojim se procjenjuje pod kojim kutom će se svjetlost lomiti prilikom ulaska u perlu tj. pri izlasku iz perle. Kod perla se javljaju različiti indeksi loma pa prema tome<sup>33</sup>:

- Staklene perle imaju indeks loma 1.5
- Perle većeg indeksa loma 1.8
- Perle od kubičnog cirkonija 2.1
- Perle od keramičkih mikrokristala 2.4

U kišnim uvjetima kada je kolnik mokar optimalan indeks loma je 2.4 dok u suhim uvjetima treba biti 1.9. Kombinacijom perli različitih indeksa loma osigura se veća snaga retrorefleksije u različitim uvjetima.

---

<sup>31</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

<sup>32</sup> Babić, D. Analiza metoda za ispitivanje retrorefleksije i modela predviđanja trajnosti oznaka na kolniku. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

<sup>33</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija





Slika 22. Prikaz dnevne i noćne vidljivosti

*Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija*

Kao što je već navedeno, postoje različite granulacije staklenih kuglica. Prema SWARCO standardu postoji podjela staklenih kuglica na swarcofleks, swarcoluks te megalux-beads. Swarcofleks su staklene kuglice visoke kvalitete a njihova veličina je između 1 i 850 mikrona. Prikladne su za sve vrste materijala te se nanose, ubrizgavaju ili prethodno umiješaju u materijal. Njihova okruglost je veća od 80%. Swarcolux je visokokvalitetna mješavina swarcoflesa s megalux-beadsom. Veličina je između 1 i 1300 mikrona. Pogodne su za tehnički zahtjevnije sustave oznaka na kolniku, kao što su strukturirane ili profilirane uzdužne oznake od termoplastike ili hladne plastike.<sup>34</sup> Megalux-beads imaju okruglost veću od 95% a njihova veličina iznosi do 1700 mikrona. One su odlični reflektori koji pružaju izvanrednu vidljivost u uvjetima vlage i noću. Imaju kristalno čistu površinu s manje od 1% zraka.

<sup>34</sup>[www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene kuglice/](http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/), (24.04.2016)

#### 4. METODE ISPITIVANJA VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU

Oznaka na kolniku predstavlja ključan element prometne signalizacije jer njena vidljivost direktno utječe na sigurnost svih sudionika u prometu. Korištenjem najnovijih metoda i procedura ispitivanja vidljivosti oznake mogu postići stalnu i zadovoljavajuću kvalitetu. Ispitivanja koja se provode kako bi se osigurala propisana vidljivost jesu<sup>35</sup>:

- a) prethodna ili ispitivanja pogodnosti
- b) tekuća
- c) kontrolna
- d) dodatna kontrolna ispitivanja
- e) arbitražna i
- f) ispitivanja prije isteka jamstva.

a) Prethodna ispitivanja ili ispitivanja pogodnosti ispituju pogodnosti sustava označavanja tj. materijala koji se namjeravaju koristiti za izvođenje oznaka na kolniku temeljem predviđenog tipa oznaka i propisane kvalitete. Izvoditelj radova je dužan dostaviti Naručitelju „Certifikat“ o pogodnosti sustava označavanja koji namjerava koristiti za izvođenje oznaka.

b) Tekuća ispitivanja se provode kako bi se utvrdila propisana kvaliteta materijala i izvođenja radova. Tekuća ispitivanja obuhvaćaju<sup>36</sup>:

- ispitivanje debljine vlažnog i suhog sloja boje (bez staklenih kuglica), sloja plastične mase ili traka za oznake na kolniku, uzorkovanjem na probne pločice svakih 5.000 m (posebno za razdjelne i rubne crte)
- ispitivanja dnevne i noćne vidljivost u suhim uvjetima, noćne vidljivost u vlažnim uvjetima (samo za oznake TIP II) i otpornosti na klizanje (hrapavost) izražene kao SRT-vrijednost, pri čemu je opseg mjerenja i procjena vrijednosti definiran sukladno Njemačkom propisu ZTV M 02 (posebno za razdjelne i rubne crte)
- ispitivanje geometrije oznaka u smislu izvedene širine i duljine oznake na svakih 5.000 m izvedene oznake (posebno za razdjelne i rubne crte).

---

<sup>35</sup>Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.

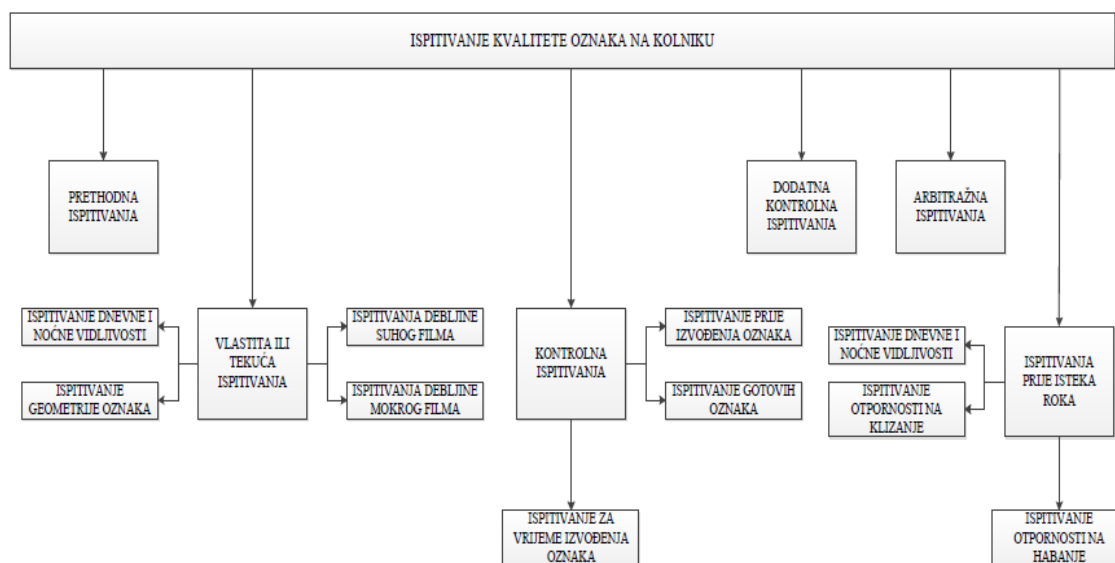
<sup>36</sup> Ibidem

- c) Kontrolna ispitivanja utvrđuju odgovara li kvaliteta sustava označavanja (oznake TIPA I ili TIPA II) propisanim zahtjevima. Ona uključuju kontrolna ispitivanja prije izvođenja oznaka, za vrijeme izvođenja oznaka te ispitivanja gotovih oznaka.
- d) Dodatna kontrolna ispitivanja moraju se provoditi kod graničnih vrijednosti koje su dobivene kontrolnim ispitivanjem oznaka.
- e) Arbitražno ispitivanje se provodi ako postoji sumnja Naručitelja ili Izvoditelja da ispitivanje nije provedeno na odgovarajući način te je potrebno ponavljanje kontrolnog ispitivanja. Provodi ga ovlaštena pravna osoba. Strana čiji su rezultati kontrolnog ispitivanja ili istraživanja suprotni (ne točni) rezultatima utvrđenim arbitražnim ispitivanjem snosi troškove arbitražnog ispitivanja.
- f) Ispitivanja prije isteka jamstva se provode kako bi se utvrdila kvaliteta izvedenih oznaka na kolniku i njena suglasnost s kvalitetom ugovorenom za vrijeme trajanja jamstvenog roka (ukoliko je ugovoren). Njega provodi Naručitelj. Navedena ispitivanja uključuju<sup>37</sup>:
  - ispitivanja dnevne i noćne vidljivost u suhim uvjetima, noćne vidljivost u vlažnim uvjetima (samo za oznake TIP II) i otpornosti na klizanje (hrapavost) izražene kao SRT-vrijednost, pri čemu je opseg mjerenja i procjena vrijednosti definiran sukladno Njemačkom propisu ZTV M 02 (posebno za razdjelne i rubne crte)
  - ispitivanje otpornosti na klizanje svakih 10.000 m (posebno za razdjelne i rubne crte),
  - otpornost na habanje.

Kako bi se osigurala propisana kvaliteta oznaka na kolniku, u Republici Hrvatskoj se također provode ispitivanja koja moraju zadovoljiti tehničke uvjete Hrvatskih cesta d.o.o. Podjela je prikazana na slici 24.

---

<sup>37</sup>Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.



Slika 23. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku

Izvor: Ščukanec, A., Babić, D. *Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku.*

Dani prometnica: *Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.*

Primjenjujući navedene metode ispitivanja oznaka na kolniku postiže se visoka razina kvalitete. Na samu kvalitetu uvelike utječu i reflektivna svojstva oznaka na kolniku koja omogućuju vozačima da bolje ili lošije vide oznaku na određenoj udaljenosti. Oznake koje ne zadovoljavaju standarde koji su propisani trebale bi se zamijeniti ili obnoviti odgovarajućim materijalima. Sve oznake se izvode u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima i opremi na cesti te u skladu s hrvatskim i europskim normama.

Provođenjem investitorskih ispitivanja dobiva se ocjena kvalitete izvedene oznake na kolniku. Pritom se ispituje:

- debljina suhog filma boje
- dnevna i noćna vidljivost oznake u početnom stanju
- geometrija oznake.<sup>38</sup>

S obzirom da je ovaj rad vezan za vidljivost oznaka, ispitivanje debljine suhog filma i geometrije oznaka nisu detaljno analizirane i opisivane.

Debljina suhog filma boje je prvi element koji se ispituje kako bi se utvrdilo dali je kvaliteta oznake zadovoljavajuća. Sloj boje koji se nanosi na kolnik mora imati određenu debljinu kako bi se staklene kuglice zadržale što duži vremenski period, i time osigurale što veću retrorefleksiju. Mjerna veličina u kojoj se to izražava su pikometri a samo mjerenje se

<sup>38</sup> Tehnički uvjeti za radove izvanrednog održavanja državnih cesta iz 2004 god.

provodi na podložnim pločicama. Pojedinačno odstupanje debljine suhog filma oznake od minimalno dopuštene smije biti  $\leq 30\%$ . Ukoliko je odstupanje veće izvedena oznaka neće se preuzeti. Izvođač radova je dužan poslati pločicu u laboratorij uz slijedeće podatke: broj ceste, oznaka dionice, vrijeme uzimanja uzorka, klimatske uvjete, proizvođača boje i nijansu boje.<sup>39</sup>

Dva najpoznatija načina za ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku su statičko i dinamičko ispitivanje. Statička metoda se odnosi na ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti dok dinamička metoda podrazumijeva samo noćnu vidljivost. Postoje dva načina statičkog ispitivanja: Kentucky metoda i metoda prema njemačkom propisu ZTV M 02.

#### 4.1. Statičko ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku

Statičko ispitivanje podrazumijeva ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku. U tu svrhu se koristi statički reflektometar koji osvjetljuje površinu oznake i mjeri reflektiranu svjetlost (slika 22.). Uređaj simulira vizualnu udaljenost oznake na kolniku 30 metara od očiju vozača, na visini očiju od 1,2 metara te 0,65 metara visine svjetala automobila od površine ceste.<sup>40</sup> Dnevna vidljivost se izražava kao  $Q_d$  a mjeri u  $\text{mcd/lx/m}^2$ . Difuzno raspršeno svjetlo koje prima promatrač promatra se pod kutom od  $2.29^\circ$ . Noćna vidljivost odnosno retrorefleksija se izražava kao  $R_t$  te se također mjeri u  $\text{mcd/lx/m}^2$ . Za mjerenje noćne vidljivosti uređaj mjeri retrorefleksiju svjetleće zrake od ispitane površine pod kutom od  $2.29^\circ$ , gdje kut ulaznog svjetla iznosi  $1.24^\circ$  i na udaljenosti 30 metara (u slučaju kratkih svjetala). Sva navedena mjerila se izvođe prema Europskim standardima EN 1436. Statičko ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti moguće je ispitati pomoću dvije metode: "Kentucky" metoda (koja više nije u uporabi) i metode sukladno njemačkom propisu ZTV M 02.



Slika 24. Primjer statičkog uređaja za mjerenje refleksije

Izvor: <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Ispitni-laboratorij-Zavoda-za-prometnu-signalizaciju.pdf>, (30.05.2016)

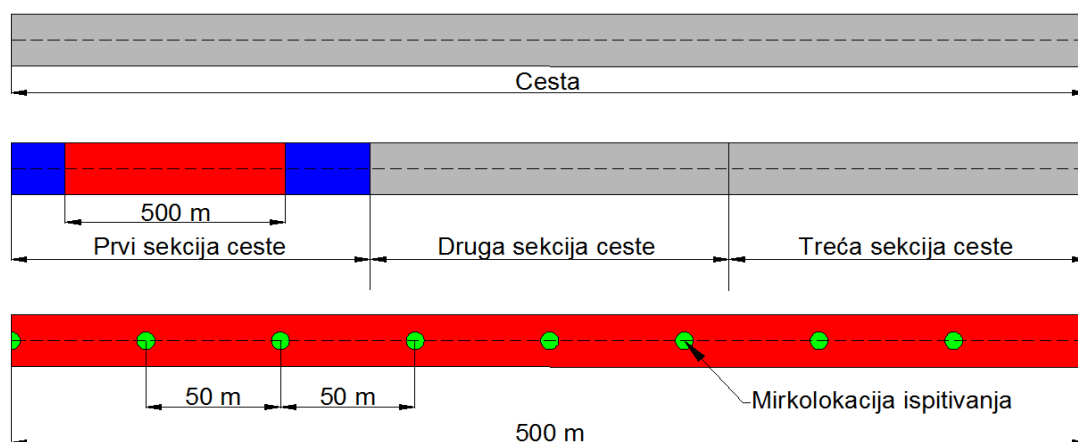
<sup>39</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

<sup>40</sup> Babić, D., Fiočić, M., Prusa, P.: Evaluation of Road Markings Retroreflection Measuring Methods. European Scientific Journal, 2014.;p. 104-114

#### 4.1.1. Kentucky metoda

Kentucky metoda vrši mjerenje u periodu između tridesetog i šezdesetog dana od dana izvedene oznake na kolniku. Mjeri se u nasumično odabranoj zoni dužine 500 m u prvoj trećini ukupne duljine dionice ceste koju je jedna ekipa izvela u jednom danu. U 500 metarske zone ispitivanja, izvrši se 10 mjerenja dnevne i noćne vidljivosti na međusobnom razmaku od 50 m, kao što je prikazano na slici 23. Na svih 10 mikrolokacija izvrši se po 3 mjerenja i dobivena prosječna vrijednost tih mjerenja uzima se kao mjerodavna.<sup>41</sup>

Nedostatak ove metode je to što se s obzirom na dužinu dionice ispituje mali broj mjernih mjesta i to samo u prvoj trećini odjeljka te se ne može dobiti vrijednost retrorefleksije kompletne dionice. Time se povećava mogućnost pogreške tj. krive procjene razine vidljivosti oznaka na kolniku na pojedinoj prometnici. Ukoliko u jednoj zoni 80% (8 ili više) očitavanja vidljivosti zadovoljava ili premašuje zahtijevanu minimalnu dnevnu i noćnu vidljivost, oznaka na toj sekciji će se prihvatiti. Ako manje od 80% (manje od 8) očitavanja vidljivosti u jednoj zoni zadovoljava zahtijevanu minimalnu dnevnu i noćnu vidljivost, oznaka na toj sekciji se neće prihvatiti, a izvođač je mora obnoviti o svom trošku.<sup>42</sup>



Slika 25. Princip mjerenja Kentucky metodom

*Izvor: Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.*

<sup>41</sup> Babić, D., Fiolić, M., Prusa, P.: Evaluation of Road Markings Retroreflection Measuring Methods. European Scientific Journal, 2014.:p. 104-114

<sup>42</sup> Tehnički uvjeti za radove izvanrednog održavanja državnih cesta iz 2004 god.

#### 4.1.2. ZTV M 02metoda

Sukladno njemačkom propisu ZTV M 02 provodi se mjerenje i ocjena vidljivosti oznaka na kolniku. Osim navedenog, tu spada i mjerenje debljine suhog sloja boje, procjena dnevne i noćne vidljivosti izvedenih oznaka u suhim uvjetima, noćne vidljivosti u vlažnim uvjetima te otpornosti na klizanje izražene u SRT jedinicama. Mjerenje se provodi u periodu od tridesetog do šezdesetog dana nakon izvršenja oznake. Kod mjerenja vidljivosti uzdužnih oznaka opseg mjerenja se određuje ovisno o dnevnom izvršenju radne grupe koja izvodi oznake. Dnevnik radova za određenu dionicu sadrži podatak kada su izvedeni radovi i s kolikim dnevnim učinkom, posebno za središnju i rubnu liniju. Broj mjernih odsječaka se određuje prema tablici 1 u kojoj se može vidjeti kako se s obzirom na duljinu uzdužnih i ostalih oznaka izvedenih u danu određuju odsječci.

Tablica2. Broj mjerenih odsječaka prema njemačkom propisu ZTV M 02

Duljina uzdužnih oznaka izvedenih u jednom danu (km)	Duljina ostalih oznaka izvedenih u jednom danu (m <sup>2</sup> )	Broj mjerenih odsječaka
< 1	< 120	1
1 do 5	120 do 600	2
> 5 do 10	> 600 do 1200	3
> 10	> 1200	4

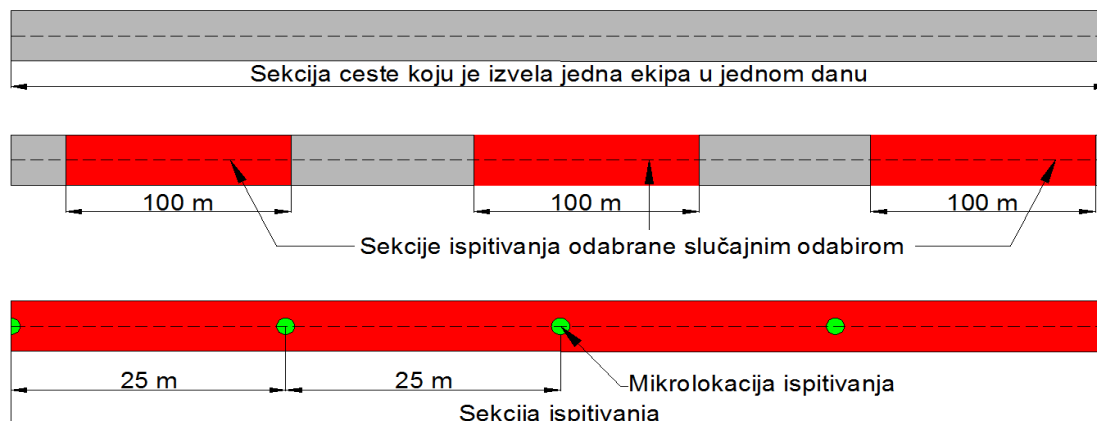
*Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija*

Načelom slučajnosti se biraju mjerni odsječci. Unutar njih se bira pet mjernih točaka. Kod punih uzdužnih oznaka mjerne se točke raspoređuju na 100 m duljine u jednakim razmacima (početak, 25 m, 50 m, 75 m i završetak)<sup>43</sup> (slika 24.). Kod isprekidanih uzdužnih oznaka mjerne se točke raspoređuju na sredini svake druge pune linije. Aritmetičkom sredinom pet izmjerenih vrijednosti dobiva se rezultat koji se zatim uspoređuje s pravilima tablice. Ako je aritmetička sredina iznad ili ispod navedenih vrijednosti oznaka je zadovoljila ili nije. U svakom slučaju je tada mjerenje završeno. Ukoliko je aritmetička sredina unutar vrijednosnih intervala nastavlja se drugi stupanj ocjene.

Za svaki mjerni odsječak koji je nužno provjeriti u drugom stupnju ocjene bira se daljnjih 15 mjernih točaka za ocjenu dnevne i noćne vidljivosti. Iz svih dosad izmjerenih vrijednosti računa se aritmetička sredina koja se potom ponovno uspoređuje s vrijednostima iz tablice. Sve aritmetičke sredine koje su manje od minimalnih vrijednosti navedenih u tablici znače da

<sup>43</sup>Babić, D., Fiočić, M., Prusa, P.: Evaluation of Road Markings Retroreflection Measuring Methods. European Scientific Journal, 2014...p. 104-114

oznaka ne zadovoljava propisanu vidljivost. Tada se ona ne prihvaća te ju je izvođač dužan ponovno napraviti o svome trošku.



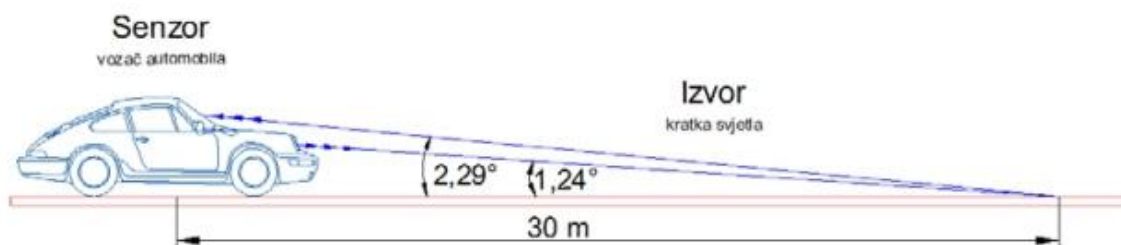
Slika 26. Princip mjerenja metodom prema njemačkom propisu ZTV M 02

*Izvor: Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.*

#### 4.2. Dinamičko ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku

Dinamičko ispitivanje podrazumijeva ispitivanje noćne vidljivosti, odnosno retrorefleksije oznaka na kolniku. Noćna vidljivost se mjeri dinamičkim mjernim uređajem te je geometrija mjerenja istakao i kod statičke metode. Uređaj je priključen na mjereno vozilo pa je tijekom vožnje vozila omogućeno konstantno mjerenje noćne vidljivosti oznaka ( $R_L$ ).

Prilikom kretanja vozila uređaj mjeri retrorefleksiju svjetleće zrake od ispitane površine pod kutom od  $2.29^\circ$ . Kut između površine kolnika i ulaznog svjetla iznosi  $1.24^\circ$ , a udaljenost je 30 m kod kratkih svjetala (slika 25.).



Slika 27. Prikaz principa mjerenja noćne vidljivosti

*Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija*

Sustav dinamičkog ispitivanja retrorefleksije sastoji se od mjerne glave, instalacija u unutrašnjosti računala, prijenosnog računala, mehanizma za pričvršćenje mjerne glave te



električnih instalacija unutar vozila.<sup>44</sup>Prijenosno računalo sadrži programski paket pomoću kojeg se upravlja mjernom glavom i snimaju dobiveni rezultati.

Također, omogućeno je mjerenja noćne vidljivosti oznaka u dnevnim i noćnim uvjetima te mjerenje svih vrsta oznaka, pa i profiliranih visine do 9 mm. Uz navedeno, GPS sustav ugrađen u mjerno vozilo bilježi kretanje vozila, a senzori mjere temperaturu i vlažnost zraka.



Slika 28. Prikaz dinamičkog retroreflektometra

Izvor: <http://www.hrvatski-cestar-giu.hr/resources/giu/data/zbornik2009.pdf> (02.02.2016.)

Dinamičko ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku ima brojne prednosti i nedostatke. Glavni nedostaci ove metode su: cijena dinamičkog retroreflektometra, troškovi održavanja, dodatne opreme (računala, računalni programi, itd.) i edukacije mjeritelja. Ipak, dinamička metoda predstavlja najprikladniju metodu ispitivanja oznaka na kolniku jer se ispituje svaki centimetar oznake. U usporedbi s statičkom metodom, prednosti dinamičke se očituju kroz mogućnost bržeg ispitivanja dužih dionica a samim time i brže prikupljanje velike količine podataka. Ova metoda daje veću sigurnost mjeritelju te je ometanje odvijanja prometa svedeno na minimum, s obzirom na to da se dinamički retroreflektometar montira na vozilo (slika 26.).

Na temelju rezultata dobivenih dinamičkim ispitivanjem moguće je odrediti prioritete održavanja pojedinih oznaka na određenoj dionici. Na taj način bi se omogućilo da sve oznake na kolniku imaju konstantnu visoku razinu vidljivosti. Osim toga pregled kritičnih mjesta bi bio olakšan što bi uvelike doprinijelo sigurnosti svih vozača u nepovoljnim vremenskim uvjetima. Sustavnim ispitivanjem oznaka se ostvaraju uštede pri nanošenju i održavanju oznaka na kolnik.

---

<sup>44</sup><http://www.hrvatski-cestar-giu.hr/resources/giu/data/zbornik2009.pdf> (02.02.2016.)

## 5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA VEZANA UZ VIDLJIVOST OZNAKA NA KOLNIKU

Unatoč dvije efikasne metode ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku koje se koriste u Europi do sada nije potpuno jasno koje oznake pridonose sigurnosti. Naime, u provedenim istraživanjima na autocestama je dokazano da što je veća vidljivost oznaka, vozači povećavaju brzinu i time smanjuju sigurnost. U urbanim područjima je situacija komplicirana jer ima više faktora koji utječu, primjerice pješački prijelazi, stop znak, drugačiji način vožnje i sl. U Sjedinjenim Američkim Državama je provedeno nekoliko zanimljivih studija i to od strane Odjela za promet Kansasa, Texasa, Californije i Iowe. Na europskoj razini su istraživanja provedena od strane kemijskih tvrtki za proizvodnju materijala korištenih za izradu oznaka.

### 5.1. „CivitasRenaissance Project“

2010. godine je započet projekt pod nazivom „CivitasRenaissance Project“, financiran od strane sedmog Framework programa. Zapocet je u mjestu naziva Perugia smještenom u Italiji. Njegov cilj je bio pronaći nove metode evaluacije kvalitete oznaka na kolniku u urbanim područjima (manjim i srednjim gradovima).

Izumljena su 2 indikatora pomoću kojih se je ocjenjivala kvalitete oznaka na kolniku u gradovima:

1. CIS-Q- indikator za procjenu tehničkih performansi koji uključuje  $Q_d$ (dnevnu vidljivost),  $R_L$ (noćnu vidljivost u suhim i mokrim uvjetima), boju, materijal, starenje oznake, volumen prometa, karakteristike površine kolnika i vremenske uvjete.
2. CIS-C- indikator za optimizaciju troškova

U obzir je uzete karakteristike ugradnje oznaka na kolnik kako bi se optimiziralo održavanje, povećala sigurnost te dalo manjim općinama alat za procjenu kvalitete oznake. Zadnji čimbenik je posebno važan jer su se ranije u malim i srednjim gradovima procjene količine boje postavljene na kolnik vršile vizualno, slobodnom prosudbom. Novonastala metodologija se temelji na vrijednostima i parametrima iz EN 1436. Tako su svi parametri koji utječu na kvalitetu oznaka na kolniku u malim gradovima ocjenjeni i numerirani. To je zahtijevalo skalu bodova za svaki parametar te je kvantificiran utjecaj parametara pojedinačno na kvalitetu oznaka.

Za izbor ispitnog mjesta su korišteni sljedeći parametri:

- površina ceste (glatka, hrapava)
- materijal od koje je oznaka nastala (boja, plastični materijal, trake)

- protok vozila (cestovna mreža u Perugi je podijeljena u tri klase, ovisno o protoku vozila). Nizak protok vozila uključuje manje od 600 vozila/satu, srednji je od 600 do 1500 vozila/satu te visoki protok iznosi više od 1500 vozila/satu.

Sljedeći elementi mjereni su na svakom ispitnom mjestu:

- retrorefleksija u suhim ( $R_{LD}$ ) i mokrim ( $R_{LW}$ ) uvjetima, dnevna vidljivost ( $Q_d$ )
- boja (kromatičnost  $x, y$ )
- otpornost protiv klizanja i temperatura kolnika.<sup>45</sup>

Za svako mjerno mjesto je odabrano nekoliko mjernih točaka ovisno o tipu (stop linija, pješački prijelaz, rubna crta, razdjelna) i veličini oznake. Prva eksperimentalna kampanja je provedena 2010. godine, a druga dvije godine kasnije kako bi procijenila trajnost oznaka na kolniku. Izmjereni podaci su uneseni u jednadžbe.

Tablica3. Rezultati mjerenja provedeni u dvije kampanje

<b>CIS-Q indikator</b>	<b>godina</b>	<b>boja</b>	<b>dvije komponente</b>	<b>trake</b>	<b>termoplastika</b>	<b>ostalo</b>
	2010.	6,6	6,5	7,9	5,9	6,3
	2012.	4,9	5,1	6,6	5,2	5,1

Izvor: Asdrubali, F., Buratti, C., Moretti, E., D'Alessandro, F., Schiavoni, S.,: Assessment of the Performance of Road Markings in Urban Areas: The Outcomes of the CIVITAS RENAISSANCE Project, The Open Transportation Journal, 2013, 7, 7-19

Rezultat je pokazao da je indikator CIS-Q na prvom mjerenju iznosio 6.6 da bi nakon dvije godine pao na 4.9. S obzirom na to da je 90% oznaka na kolniku u Perugi nastalo od boje, sama kvaliteta oznaka i njihova vidljivost se vidno smanjila. 8% oznaka na području Perugie je nastalo od mješavine dvije komponente (epoksilna smola, punila, pigmenti te katalizator koji ubrzava vrijeme stvrdnjavanja) dok je samo 1% oznaka nastalo od termoplastike i traka. Trake su jedini materijal koji je i u prvom i u drugom mjerenju dobio zavidnu ocjenu. Na temelju dva mjerenja, zaključeno je da na području Perugie postoji nedostatak kontrolnih instrumenata te da njihove oznake na kolniku tokom noći, nakon određenog vremena, ne mogu doseći dovoljnu razinu vidljivosti.

Izračun drugog indikatora CIS-C koji se tiče troškova održavanja pokazao je da samo 6% oznaka može biti održano u dobrom stanju, s obzirom na veliki teritorij Perugie. Tu se kao mjera predlaže bolji sustav upravljanja koji bi povećao sredstva namijenjena za oznake na kolniku. Također, zaključeno je da bi se trebali postaviti novi uvjeti za vidljivost koji bi

<sup>45</sup>Asdrubali, F., Buratti, C., Moretti, E., D'Alessandro, F., Schiavoni, S.,: Assessment of the Performance of Road Markings in Urban Areas: The Outcomes of the CIVITAS RENAISSANCE Project, The Open Transportation Journal, 2013, 7, 7-19

odgovarali urbanom području. S obzirom na manju brzinu vožnje i manji prosječni godišnji dnevni promet, razina vidljivosti trebala bi biti manja.

Provodeći ovo istraživanje, zaključeno je da ovaj način vrednovanja kvalitete oznaka na kolniku ima dosta nedostataka. Indikatori CIS-Q i CIS- C bi se trebali odrediti za svaku zemlju pojedinačno. Nove studije trebale bi definirati odgovarajući materijal za izradu oznaka za urbane ceste i to ovisno o samoj cesti i njezinim karakteristikama (ovisno o kolniku, PGDP-u, postotku osvjjetljenje).

## **5.2. Evaluacija performansi oznaka na kolniku u New Jerseyu**

Odjel za promet New Jersey započeo je analizu njihova trogodišnjeg plana obnove oznaka na kolniku kako bi se utvrdilo da li se poklapa sa stvarnim vijekom trajanja oznaka. Staklene perle, ukoliko su pravilno postavljene u oznaku, uvelike produžuju njihovu trajnost i kvalitetu. Nakon određenog vremena staklene perle se počnu trošiti do te mjere da ne mogu osigurati vozaču kvalitetnu vidljivost i sigurnost prilikom kretanja po cesti. Strategija obnove oznaka na području New Jersey je bila upitna pa je iz tog razloga i nastalo navedeno istraživanje. Plan obnove oznaka je bio dostatan za neke autoceste, ali uz povećanje volumena prometa i povećanje postotka kamiona koji se koriste tim područjem, za neke dijelove cesta nije bio dostatan. 2 tipa podataka su prikupljena: izmjerena retroreflektivnost s Laser Luxom te subjektivne ocjene od strane vozača na području New Jersey u krugu od 32 milje.<sup>46</sup> Podaci o retroreflektivnosti su prikupljeni na 597.7 milja oznaka i to na odabranim autocestama New Jersey na jugu. Korišten je LaserLuxreflektometar koji posjeduje laserske zrake i pomoću njih mjeri retrorefleksiju. Pritom su se koristili Europski standardi geometrije. Stanovnici New Jersey su pozvani kako bi vozili svoje automobile kada padne mrak u cilju procjene noćne vidljivosti oznaka na kolniku. Jedna osoba je bila zadužena da se vozi s vozačima i pritom bilježi njihove odgovore o sjajnosti/ vidljivosti oznaka. Ispitanici su prema starosti podijeljeni u tri grupe: mlađi od 33, od 33-55 godina te stariji od 55 godina. Omjer muškaraca i žena je bio jednak, kao i omjer broja ljudi po skupinama. Ukupan broj ispitanika bio je 74, dok su 72 osobe pristupile anketi. Pritom je njihov automobil bio podvrgnut ispitivanju kako bi se utvrdilo da su svjetla tehnički ispravna a sam sudionik je morao prisustvovati edukaciji kako bi bio upoznat s pitanjima i određenim pojmovima. Prilikom ocjenjivanja sudionici su koristili sljedeću skalu :

- veoma jasna vidljivost (odlična)

---

<sup>46</sup>Parker, N. A., Meja, J. S. M. Evaluation of the performance of permanent pavement markings. Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, Washington D.C., 2003.; p. 123-132.

- vidljivost bez poteškoća
- vidljivost s malo poteškoća
- vidljivost s puno poteškoća
- nevidljivost.<sup>47</sup>

Tijekom ankete postavljeno je još pet pitanja koja nisu direktno bila povezana s vidljivošću oznaka s ciljem da sudionici ne znaju točan cilj studije jer bi se tada više usredotočili na oznake nego na podijeljene odjeljke na kojima je provedeno ispitivanje. U ovom istraživanju proučavane su bijela rubna, isprekidana linija te žuta središnja linija.

Zaključeno je da su na vozačevo ocjenjivanje vidljivosti minimalno utjecali faktori kao što su nadolazeća vozila, rasvjeta duž prometnice i slično. Prag vrijednosti zadovoljavajuće i nezadovoljavajuće retroreflektivnosti je između 80 – 130 mcd/lux/m<sup>2</sup> i to za vozače mlađe od 55 godina. Za vozače starije od 55 godina taj iznos je 120 - 165 mcd/lux/m<sup>2</sup>. Prema istraživanju, savjetuje se da se više pažnje posveti obnovi oznaka s retrorefleksijom ispod 130 mcd/lux/m<sup>2</sup> kako bi se povećao vozačevo zadovoljstvo pri vožnji. Ipak, kako se povećava populacija vozača starijih od 55 godina ta vrijednost će rasti do 160, 165 mcd/lux/m<sup>2</sup>. Žute oznake na kolniku imaju retroreflektivne vrijednosti jednake kao 70 do 80% bijelih oznaka na kolniku.

Također, zaključeni su sljedeći podaci:

- nisu ispitane oznake s retroreflektivnošću manjom od 90 mcd/lux/m<sup>2</sup>
- sve bijele rubne i isprekidane linije iznad 105 mcd/lux/m<sup>2</sup> su prihvatljive od strane 90% ispitanika
- sve oznake na kolniku iznad 128 mcd/lux/m<sup>2</sup> prihvatljive od strane 90 % ispitanika
- žute središnje linije (osim jedne sekcije) između 105-128 mcd/lux/m<sup>2</sup> nisu smatrane prihvatljivima od strane 90 % ispitanika
- prag između prihvatljivosti i neprihvatljivosti se pojavljuje u rasponu od 105 do 128 mcd/lux/m<sup>2</sup>.<sup>48</sup>

---

<sup>47</sup>Parker, N. A., Meja, J. S. M. Evaluation of the performance of permanent pavement markings. Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, Washington D.C., 2003.; p. 123-132.

<sup>48</sup>Ibidem

## 6. ZAKONSKA REGULATIVA VEZANA ZA OZNAKE NA KOLNIKU

Osnovne značajke materijala za izvođenje oznaka na kolniku, načini ispitivanja kvalitete istih te minimalne razine retrorefleksije koje svaka oznaka mora zadovoljiti propisane su zakonima, normama te tehničkim uvjetima. Implementacijom europskih norma i tehničkim usklađivanjem s europskim zakonodavstvom osigurana je kontrola nad samom izradom oznaka, vrstom materijala, staklenim perlama koje poboljšavaju vidljivost te ostalim segmentima koji su vezani uz oznake na kolniku. Navedene norme je se moraju poštivati.

Europske norme i direktive koje su na snazi su sljedeće:

- HRN EN 13197:2011 - Materijali za oznake na kolniku - Rotacijski simulator trošenja
- HRN EN 13212:2011 - Materijali za oznake na kolniku - Zahtjevi za tvorničkom kontrolom proizvodnje
- HRN EN 13459:2011 - Materijali za oznake na cesti - Uzimanje uzoraka iz skladišta i ispitivanje
- HRN EN 1436:2009 - Materijali za oznake na kolniku - Retroreflektirajući markeri - 1. dio: Osnovna zahtijevana svojstva
- HRN EN 1423:2012 - Materijali za oznake na kolniku - Dodaci - Staklene kuglice, agregati za smanjenje klizavosti i njihove mješavine
- HRN EN 1424:2004 - Materijali za oznake na kolniku - Mješavina staklenih kuglica
- HRN EN 1463-1:2001 - Materijali za oznake na kolniku - Reflektirajuće oznake na kolniku - 1. dio: Svojstva, osnovni zahtjevi
- HRN EN 1463-2:2001 - Materijali za oznake na kolniku - Reflektirajuće oznake na kolniku - 2. dio: Ispitivanja na kolniku, osnovni zahtjevi
- HRN EN 1790:2000 - Materijali za oznake na kolniku - Unaprijed pripremljene cestovne oznake
- HRN EN 1824:2011 - Materijali za oznake na kolniku - Ispitna kola
- HRN EN 1871:2000 - Materijali za oznake na kolniku - Fizička svojstva
- HRN EN 12802:2011 - Materijali za oznake na kolniku - Laboratorijske metode za utvrđivanje svojstava.

Uz navedene europske norme, u RH su na snazi:

- Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14)
- Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14)
- Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama (NN 33/2005.)
- Pravilnik - o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele (NN 96/13)

Glavnim zakonima se utvrđuju temeljna načela međusobnih odnosa, ponašanje sudionika i drugih subjekata u prometu na cesti, osnovni uvjeti kojima moraju udovoljiti ceste glede sigurnosti prometa, dužnosti u slučaju prometne nesreće, osposobljavanje kandidata za vozače, uređaji i oprema koju moraju imati vozila, sustav prometnih znakova i drugo.

Od 2010. godine se na području državnih cesta Republike Hrvatske provode dinamička ispitivanja vidljivosti uzdužnih oznaka. Ispitivanja vrši Zavod za prometnu signalizaciju u suradnji s Hrvatskim cestama d.o.o. Kako bi se procijenila kvaliteta oznaka napravljeni su intervali vrijednosti retrerefleksije. Intervali su povezani s stanjem (obnovljena ili postojeća) i tipom linije (tip 1 i tip 2). Hrvatske ceste d.o.o., su definirale minimalne vrijednosti koje pojedini tipovi linija u određenom stanju moraju zadovoljiti.

Tablica4. Minimalne vrijednosti retrerefleksije za obnovljene linije tipa 1.

<b>VIDLJIVOST I STANJE KOLNIKA</b>	<b>MINIMALNA VRIJEDNOST(mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>	<b>INTERVAL (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>
<b>NOĆNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$R_L \geq 200$	$180 \leq R_L \leq 220$
<b>DNEVNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$Q_d \geq 130$	$110 \leq Q_d \leq 150$

*Izvor: Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku- Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, zagreb, 2010.*

Tablica5. Minimalne vrijednosti retrerefleksije za obnovljene linije tipa 2.

<b>VIDLJIVOST I STANJE KOLNIKA</b>	<b>MINIMALNA VRIJEDNOST(mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>	<b>INTERVAL (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>
<b>NOĆNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$R_L \geq 300$	$270 \leq R_L \leq 330$
<b>DNEVNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$Q_d \geq 160$	$140 \leq Q_d \leq 180$

*Izvor:Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku- Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, zagreb, 2010.*

Tablica6. Minimalne vrijednosti retrorefleksije za postojeće linije tipa 1.

<b>VIDLJIVOST I STANJE KOLNIKA</b>	<b>MINIMALNA VRIJEDNOST(mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>	<b>INTERVAL (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>
<b>NOĆNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$R_L \geq 100$	$90 \leq R_L \leq 110$
<b>DNEVNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$Q_d \geq 100$	$90 \leq Q_d \leq 110$

*Izvor: Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku- Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, zagreb, 2010.*

Tablica7. Minimalne vrijednosti retrorefleksije za postojeće linije tipa 2.

<b>VIDLJIVOST I STANJE KOLNIKA</b>	<b>MINIMALNA VRIJEDNOST(mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>	<b>INTERVAL (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>
<b>NOĆNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$R_L \geq 150$	$130 \leq R_L \leq 170$
<b>DNEVNA VIDLJIVOST, SUHI KOLNIK</b>	$Q_d \geq 130$	$110 \leq Q_d \leq 150$

*Izvor: Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku- Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, zagreb, 2010.*

U slučaju da obnovljena oznaka nakon dinamičkog mjerenja nije zadovoljila definirani minimum, potrebna su dodatna statička mjerenja gdje u konačnici oznaka i dalje može podbaciti. Sljedeći korak su dodatna mjerenja, odnosno drugi stupanj ocjene, a ako oznaka i dalje ne zadovoljava određeni minimum, izvođač radova je dužan postaviti novu oznaku, o svome trošku.



## **7.METODOLOGIJAPRIKUPLJANJAPODATAKA O VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU**

Da bi se dobila korelacija tj. povezanost i međusobni utjecaj dnevne i noćne vidljivosti bilo je potrebno prikupiti podatke o vrijednostima dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku. Vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti, korištene u ovom diplomskom radu a preuzete od Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti iz Zagreba, sustavno su prikupljane na državnim cestama Republike Hrvatske od 2012 do 2014 godine primjenom statičke metode. Navedena metoda podrazumijeva mjerenje dnevne i noćne vidljivosti, a uređaj koji se u tu svrhu koristio je Zehntner 6013+. Ispitivanja se vrše tako da statički reflektometar osvjetljuje površinu znaka i mjeri reflektiranu svjetlost. Dnevna vidljivost je pritom promatrana pod kutom od  $2,29^\circ$  na udaljenosti od 30 metara i predstavlja vrijednost difuznog raspršenog svjetla koju prima promatrač. Kod ispitivanja noćne vidljivosti uređaj mjeri retrorefleksiju svjetleće zrake od ispitane površine pod kutom od  $2,29^\circ$ , kutom ulaznog svjetla od  $1,24^\circ$  i pri udaljenosti 30 m kod kratkih svjetala.

Vidljivost oznaka je mjerena na državnim cestama i to na području Bjelovarsko-bilogorske, Osječko-baranjske i Sisačko-moslavačke županije. U radu su obrađene sljedeće prometnice tj. dionice cesta:

- Bjelovar- D2, D26, D28, D34, D43, D45, D5, D69
- Osijek- D2, D213, D124, D34, D38, D417, D46, D515, D517, D518, D519, D53, D55, D57, D7
- Sisak- D224, D30, D31, D36, D37, D47, D6

Podaci o dnevnoj i noćnoj vidljivosti oznaka na kolniku na navedenim cestama uzeti su za period od 2012 do 2014 godine te je ukupno obuhvaćeno 1182 mjerenja. Vrijednost maksimalne dnevne vidljivosti za središnju liniju u periodu od 2012. do 2014. godine iznosila je  $246 \text{ mcd/lx/m}^2$ . Minimalna vrijednost dnevne vidljivosti za isto razdoblje jebila  $150 \text{ mcd/lx/m}^2$ . Noćna vidljivost središnje linije je dosegla maksimalnu vrijednost od  $416 \text{ mcd/lx/m}^2$  dok joj je minimalna bila  $224 \text{ mcd/lx/m}^2$ . Za rubnu desnu liniju minimalna vrijednost dnevne vidljivosti je iznosila  $150 \text{ mcd/lx/m}^2$  dok je maksimalna  $273 \text{ mcd/lx/m}^2$ . Najmanja vrijednost noćne vidljivosti je bila  $164 \text{ mcd/lx/m}^2$  a najveća  $403 \text{ mcd/lx/m}^2$ . Dnevna vidljivost rubne lijeve je iznosila  $151$  a maksimalna  $268 \text{ mcd/lx/m}^2$  dok je najmanja noćna bila  $174$  a najveća  $389 \text{ mcd/lx/m}^2$ .

Ukupni rezultati za sve linije od 2012. do 2014. godine ukazuju da je minimalna ukupna dnevna vidljivost iznosila 150, a maksimalna 273 mcd/lx/m<sup>2</sup>. Noćna vidljivost se kretala od 164 do 416 mcd/lx/m<sup>2</sup>.

Iz navedenih podataka je dobiveno odstupanje  $Q_d$  i  $R_L$  od prosječnih vrijednosti. Odstupanje je nastalo kao razlika između prosječne vrijednosti  $Q_d$  svakog ispitnog odsječka te aritmetičke sredine svih prosječnih vrijednosti  $Q_d$ . Isti postupak je ponovljen za noćnu vidljivost.

Tablica8. Prosječne vrijednosti  $Q_d$  i  $R_L$  za središnju, rubnu lijevu i rubnu desnu liniju

<b>Vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti središnjih, rubnih lijevih te rubnih desnih linija u periodu od 2012. do 2014. godine</b>					
Prosječna vrijednost $Q_d$ ispitnog odsječka (mcd/lx/m <sup>2</sup> )	Prosječna vrijednost $R_L$ ispitnog odsječka (mcd/lx/m <sup>2</sup> )	Odstupanje $Q_d$	Apsolutno odstupanje $Q_d$	Odstupanje $R_L$	Apsolutno odstupanje $R_L$
156	313	-24,62	24,62	26,52	26,52
154	280	-26,62	26,62	-6,48	6,48
166	299	-14,62	14,62	12,52	12,52
172	313	-8,62	8,62	26,52	26,52
199	304	18,38	18,38	17,52	17,52
165	269	-15,62	15,62	-17,48	17,48
171	287	-9,62	9,62	0,52	0,52
167	272	-13,62	13,62	-14,48	14,48
162	255	-18,62	18,62	-31,48	31,48
173	247	-7,62	7,62	-39,48	39,48
168	226	-12,62	12,62	-60,48	60,48
173	227	-7,62	7,62	-59,48	59,48
188	265	7,38	7,38	-21,48	21,48
157	234	-23,62	23,62	-52,48	52,48
160	237	-20,62	20,62	-49,48	49,48
153	230	-27,62	27,62	-56,48	56,48
166	264	-14,62	14,62	-22,48	22,48
199	238	18,38	18,38	-48,48	48,48
196	302	15,38	15,38	15,52	15,52
191	230	10,38	10,38	-56,48	56,48
155	240	-25,62	25,62	-46,48	46,48
179	230	-1,62	1,62	-56,48	56,48
198	229	17,38	17,38	-57,48	57,48
166	261	-14,62	14,62	-25,48	25,48
155	230	-25,62	25,62	-56,48	56,48
171	317	-9,62	9,62	30,52	30,52
209	281	28,38	28,38	-5,48	5,48
213	258	32,38	32,38	-28,48	28,48
230	309	49,38	49,38	22,52	22,52
<b>180,62</b>	<b>286,48</b>		<b>19,42</b>		<b>32,38</b>

Izvor: Izradio autor

Iz priložene tablice je vidljivo da je prosječna vrijednost dnevne vidljivosti središnje, lijeve i desne rubne linije 180,62 dok je prosječna noćna vidljivost iznosila 286,48 mcd/lx/m<sup>2</sup>. U daljnjem računanju se koristilo apsolutno prosječno odstupanje koje je kod Qd iznosilo 19,42 dok je za R<sub>L</sub> bilo 32,38 mcd/lx/m<sup>2</sup>. Odstupanje je bilo potrebno izračunati jer je to podatak koji nam ukazuje u kojoj mjeri vidljivost odstupa od svoje srednje vrijednosti.

## 8. ANALIZA KORELACIJE DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU

Cilj ovog diplomskog rada je dobiti matematički odnos kojim bi se mogla procijeniti dnevna vidljivost na temelju noćne i obratno. Dinamička metoda predstavlja najprikladniju metodu mjerenja vidljivosti (mogućnost bržeg prikupljanja velike količine podataka, daje sliku cijele dionice ceste, ne ometa odvijanje prometa), ali joj je mana što se na taj način ispituje samo noćna vidljivost (iako je ona za sigurnost prometa najvažnija). Upravo zato bi se dinamičkom metodom mjerila noćna vidljivost te na temelju matematičkog odnosa mogla procijeniti dnevna vidljivost. Kako bi se procijenila jakost korelacije između dnevne i noćne vidljivosti, korišten je Pearsonov koeficijent korelacije.

Pearsonov koeficijent je pogrešno računati ukoliko postoji ne-linearna povezanost dvije varijable (npr. kvadratna povezanost), kada podaci uključuju više od jednog opažanja za svakog ispitanika, kada postoji jedan ili više nepodobnih članova grupe te kada se podaci sastoje od subgrupa pojedinaca za koje je prosječna vrijednost opažanja za barem jednu od varijabli različita.<sup>49</sup>

Kako je normalna distribucija podataka preduvjet za parametarsku analizu (u koju spada i Pearson), prije provođenja Pearsonovog koeficijenta korelacije bilo je potrebno ispitati da li su date varijable normalno distribuirane.

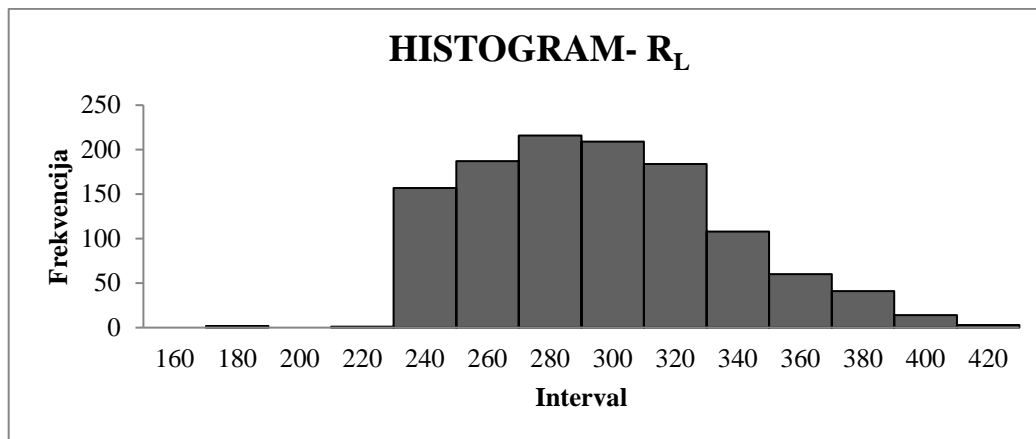
### 8.1. Normalna distribucija podataka

Normalna distribucija je najvažnija i najčešće korištena kontinuirana distribucija u analizama te je poznata i kao Gausova distribucija. Kada su podaci normalno distribuirani, oni prate određene zakonitosti koje omogućuju donošenje zaključaka o tome skupu. Postoje dvije metode provjere kojima se može istražiti da li su podaci normalno distribuirani, to su numerička i grafička metoda. Numeričke metode su objektivnije (ne zahtijevaju subjektivno mišljenje istraživača) ali su zato previše osjetljive za velike uzorke. Najčešće korištene numeričke metode su Kolmogorov-Smirnovljev test (KS test), Shapiro-Wilk test (SW) i ispitivanje vrijednosti asimetričnosti i zaobljenosti distribucije (skewness i kurtosis).<sup>50</sup> Grafičke metode vizualno prikazuju oblik distribucije te odmah ukazuju na eventualna odstupanja od normalnosti. Njihov nedostatak je subjektivnost i mogućnost pristranog interpretiranja podataka od strane istraživača. Najpoznatije metode za grafičku procjenu normaliteta su histogrami i Q-Q plotovi.

<sup>49</sup><http://www.snz.unizg.hr/test/test4/datoteke/200605200146410.Korelacija.pdf>, (30.05.2016)

<sup>50</sup> Memišević, H.: Statistički putokazi: Normalna distribucija i kako do nje doći., Sarajevo, BIH, 2010.

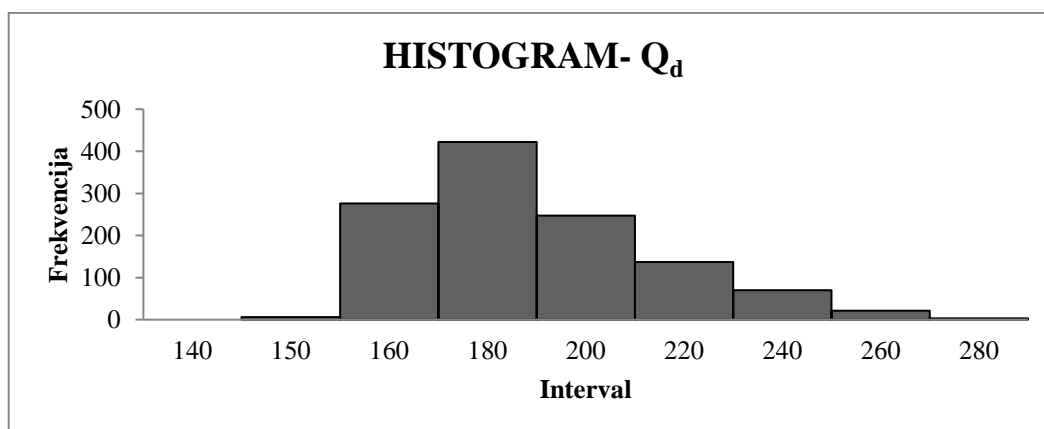
Grafičkom metodom izrade histograma je provedeno ispitivanje da li su vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti normalno distribuirane. Iz grafikona 2. i 3. je vidljivo da jesu, što je od velike važnosti jer je normalna distribucija podataka preduvjet za izradu Pearsonov koeficijenta korelacije.



Grafikon 1. Histogram noćne vidljivosti oznaka na kolniku

*Izvor: Izradio autor*

Navedeni histogrami na x-osi sadrže intervale koji se sastoje od vrijednosti dnevnih i noćnih vidljivosti. Razlog podjele u intervale je što se na taj način lakše može iščitati kolika je frekvencija tj. učestalost ponavljanja vrijednosti, koja je prikazana na y-osi. Kada su podaci normalno distribuirani, oni prate određene zakonitosti koje nam omogućuju da donosimo zaključke o tom skupu podataka. U tom slučaju najefikasniji način za upoznavanje s podacima je njihov grafički prikaz jer se tada može vidjeti kako podaci stvarno izgledaju, koje su ekstremne vrijednosti i sl. Vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti se mijenjaju, ali nastoje ostati u blizini točke prosjeka, te se raspoređuju oko tog prosjeka po glatkoj, zvonolikoj liniji što ukazuje u normalnost distribucije.



Grafikon 2. Histogram dnevne vidljivosti oznaka na kolniku

*Izvor: Izradio autor*

## 8.2. Pearsonov koeficijent korelacije

Pearsonov koeficijent korelacije se koristi kada između varijabli promatranog modela postoji linearna povezanost. Njegova vrijednost se kreće od +1 (savršena pozitivna korelacija) do -1 (savršena negativna korelacija).<sup>51</sup> Sam predznak nas upućuje na smjer korelacije tj. da li je pozitivna ili negativna, ali nas ne upućuje na snagu korelacije. Pozitivan predznak znači da kako vrijednost jedne varijable raste, tako raste i vrijednost druge. U slučaju da je predznak negativan, rastom jedne varijable vrijednost druge varijable pada. Koeficijent korelacije bazira se na usporedbi stvarnog utjecaja promatranih varijabli jedne na drugu u odnosu na maksimalni mogući utjecaj dviju varijabli. On se označava s malim latiničkim slovom  $r$ .

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2(y-\bar{y})^2}} \quad (2)$$

U navedenoj formuli  $x$  i  $y$  predstavljaju varijable koje se stavljaju u odnos dok  $\bar{x}$  i  $\bar{y}$  označavaju prosječne vrijednosti varijabli  $x$  i  $y$ . Veličina  $r$  nema mjeru niti mjernu jedinicu.

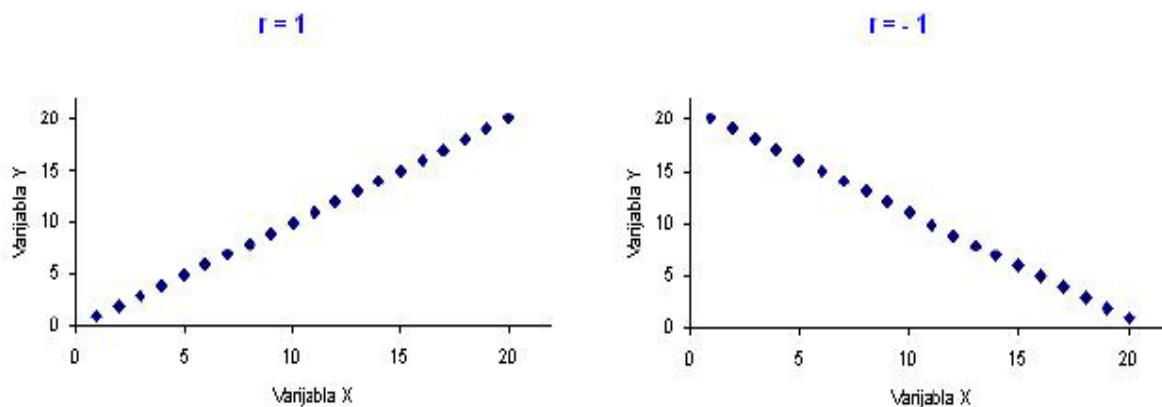
Tablica 9. Prikaz jačine povezanosti između varijabli

Vrijednost koeficijenta korelacije	Jačina povezanosti
$ r  = 1$	potpuna korelacija
$0,8 \leq  r  < 1$	jaka korelacija
$0,5 \leq  r  < 0,8$	srednje jaka korelacija
$0,2 \leq  r  < 0,5$	relativno slaba korelacija
$0 <  r  < 0,2$	neznatna korelacija

Izvor: Papić, M.: *Primijenjena statistika u MS Excelu: za ekonomiste, znanstvenike i neznalice*, Zoro, Zagreb-Sarajevo, 2008

Iz tablice 9. je moguće iščitati jačinu povezanosti između dvije varijable. Postoji pet stupnjeva koji opisuju jačinu korelacije, a svaki stupanj ima navedene granice. Tako su vrijednosti od 0,8 do 1 poželjne jer nam ukazuju da je korelacija jako visoka. Od 0 do 0,8 su vrijednosti koje opisuju jako nisku korelaciju.

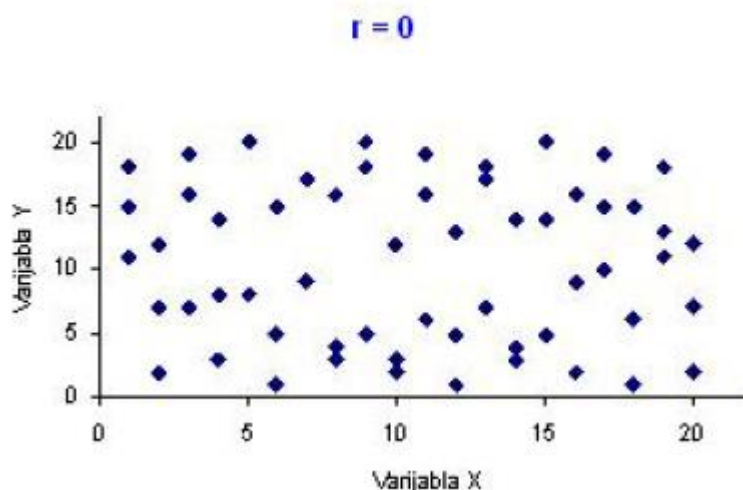
<sup>51</sup><https://hr.wikipedia.org/wiki/Korelacija>, (30.05.2016)



Slika 29. Prikaz vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije

Izvor: <http://www.snz.unizg.hr/test/test4/datoteke/200605200146410.Korelacija.pdf>, (30.05.2016)

Ako je  $r = +1$  ili  $-1$  tada postoji potpuna povezanost sa svim točkama koje leže na pravcu. U praksi je ta situacija gotovo nemoguća.



Slika 30. Prikaz vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije

Izvor: <http://www.snz.unizg.hr/test/test4/datoteke/200605200146410.Korelacija.pdf>, (30.05.2016)

Ako je  $r = 0$  tada nema linearne povezanosti. Prema tome, što je veličina  $r$  bliža ekstremnim vrijednostima ( $+1$ ,  $-1$ ) to je i stupanj linearne povezanosti veći.

Primjenom Pearsonovog koeficijenta korelacijena vrijednostima dnevne ( $Q_d$ ) i noćne ( $R_L$ ) vidljivosti zaključeno je da je povezanost između dnevne i noćne vidljivosti jako mala. Veličina  $r$  u ovom slučaju iznosi 0,3252. Prema podacima iz tablice 9. jačina povezanosti između varijabli je relativno slaba. Navedena vrijednost je blizu nuli što znači da linearne povezanosti između dnevne i noćne vidljivosti nema.

Tablica 10. Pearsonov koeficijent korelacije dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku

	<b>PROSJEČNA VRIJEDNOST Qd (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>	<b>PROSJEČNA VRIJEDNOST RL (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>
<b>PROSJEČNA VRIJEDNOST Qd (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>	1	0,3252
<b>PROSJEČNA VRIJEDNOST RL (mcd/lx/m<sup>2</sup>)</b>	0,3252	1

*Izvor: Izradio autor*

Na ovaj način nije moguće osigurati konstantnu razinu vidljivosti i odrediti prioritete održavanja oznaka. Kada bi vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti te njihovu međuovisnost prikazali u grafu dobili bi mnoštvo točaka raspršenih na sve strane, koje nemaju nikakvu dodirnu točku.

Na temelju donesenog zaključka da je korelacija između dnevne i noćne vidljivosti veoma slaba, odnosno neznatna, provedeno je daljnje istraživanje. Definirane su formule koje su sadržale koeficijent nastao dijeljenjem prosječne noćne vidljivosti s dnevnom i obratno. Tako su nastala dva slučaja, a i b. Cilj je bio pronaći koeficijent koji bi se koristio u formulama za dobivanje Qd (dnevne) i RL (noćne) vidljivosti.

**slučaj a)**

$$\frac{RL}{Qd} = \text{koeficijent}$$

$$Qd = \frac{RL}{\text{koeficijent}} \pm \text{odstupanje za } Qd$$

$$RL = \text{koeficijent} \times Qd \pm \text{odstupanje za } RL$$

**slučaj b)**

$$\frac{Qd}{RL} = \text{koeficijent}$$

$$Qd = RL \times \text{koeficijent} \pm \text{odstupanje za } Qd$$

$$RL = \frac{Qd}{\text{koeficijent}} \pm \text{odstupanje za } RL$$

U navedenim formulama su se koristila prosječna odstupanja za Qd i RL.



Tablica 11. Izračun slučaja a) za središnju, rubnu lijevu i rubnu desnu liniju

Vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti linija u periodu od 2012. do 2014. godine		Koeficijent	slučaj a)		Apsolutno odstupanje Q <sub>d</sub> (stvarna vrijednost) i Q <sub>d</sub> (dobiven formulom)	Apsolutno odstupanje R <sub>L</sub> (stvarna vrijednost) i Q <sub>d</sub> (dobiven formulom)
Prosječna vrijednost Q <sub>d</sub> ispitnog odsječka (mcd/lx/m <sup>2</sup> )	Prosječna vrijednost R <sub>L</sub> ispitnog odsječka (mcd/lx/m <sup>2</sup> )	R <sub>L</sub> /Q <sub>d</sub>	Q <sub>d</sub>	R <sub>L</sub>		
156	313	2,01	214,76	282,35	58,76	30,65
154	280	1,82	194,16	279,14	40,16	0,86
166	299	1,80	206,02	298,37	40,02	0,63
172	313	1,82	214,76	307,99	42,76	5,01
199	304	1,53	209,14	351,25	10,14	47,25
165	269	1,63	187,30	296,77	22,30	27,77
171	287	1,68	198,53	306,38	27,53	19,38
167	272	1,63	189,17	299,97	22,17	27,97
162	255	1,57	178,56	291,96	16,56	36,96
173	247	1,43	173,57	309,59	0,57	62,59
168	226	1,35	160,46	301,58	7,54	75,58
173	227	1,31	161,08	309,59	11,92	82,59
188	265	1,41	184,80	333,62	3,20	68,62
157	234	1,49	165,45	283,95	8,45	49,95
160	237	1,48	167,33	288,76	7,33	51,76
153	230	1,50	162,96	277,54	9,96	47,54
166	264	1,59	184,18	298,37	18,18	34,37
199	238	1,20	167,95	351,25	31,05	113,25
196	302	1,54	207,89	346,44	11,89	44,44
191	230	1,20	162,96	338,43	28,04	108,43
155	240	1,55	169,20	280,75	14,20	40,75
179	230	1,28	162,96	319,20	16,04	89,20
198	229	1,16	162,33	349,65	35,67	120,65
166	261	1,57	182,30	298,37	16,30	37,37
155	230	1,48	162,96	280,75	7,96	50,75
171	317	1,85	217,25	306,38	46,25	10,62
209	281	1,34	194,78	367,27	14,22	86,27
213	258	1,21	180,43	373,68	32,57	115,68
230	309	1,34	212,26	400,92	17,74	91,92
<b>180,62</b>	<b>286,48</b>	<b>1,60</b>	<b>198,21</b>	<b>321,80</b>	<b>27,28</b>	<b>45,71</b>

Izvor: Izradio autor

Tablica 11. prikazuje rezultate za Q<sub>d</sub> i R<sub>L</sub> nakon provedenog slučaja a). Prva dva stupca predstavljaju početna mjerenja Fakulteta prometnih znanosti te njihovu srednju vrijednost. Zatim slijedi koeficijent koji je dobiven dijeljenjem vrijednosti noćnih vidljivosti s dnevnom. Time je dobiven omjer koji je uvršten u formule iz slučaja a). Vrijednostima Q<sub>d</sub>-a i R<sub>L</sub>-a, koje

sudobivene formulom, je izračunata aritmetička sredina. Tako aritmetička sredina dnevne vidljivosti iznosi 198,21 a aritmetička sredina noćne 321,80 mcd/lx/m<sup>2</sup>. Zadnja dva stupca tablice prikazuju odstupanje stvarnih vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti s vrijednostima istih koje su dobivene formulom.

Istraživanje je provedeno na trideset nasumično izabranih redaka. Iz slike je vidljivo da dobiveni rezultati nisu ni približno blizu očekivanima jer ukoliko bi željeli dobiti  $Q_d$  iz izmjerenog  $R_L$  on bi trebao iznositi kao početni izmjereni, uz mogućnost malih odstupanja. To se u ovom slučaju nije dogodilo te je vidljivo da korelacije između dnevne i noćne vidljivosti nema.

### 8.3. T- test

T-test je jedna od najpoznatijih statističkih metoda koja se zasniva na Studentovoj ili t razdiobi pomoću koje se određuju statističke značajke razlike između uzoraka, tj. između dvije aritmetičke sredine. Postoji više vrsta t-testova: t-test za nezavisne, za zavisne uzorke te za proporcije. Ovisno o vrsti uzoraka i njihovim karakteristikama određuje se i vrsta t-testa koji će se provesti. Tako se nezavisni uzorci koriste za dvije odijeljene skupine ljudi a zavisni za jednu skupinu na kojoj je dva puta mjerena ista pojava.

U ovom slučaju, odabir vrste t-testa koji je korišten ovisio je o tome da li su varijance dnevne i noćne vidljivosti jednake ili različite. Korištenjem F-testa koji ispituje vrijednost varijance dobiven je sljedeći rezultat: za dnevnu, tako i za noćnu vidljivost morao je biti zadovoljen uvjet  $F < F_{\text{Critical one-tail}}$ . Brojčano je to iznosilo:  $1,08784 < 1,88207$ . Prema tome, uvjet je zadovoljen i zaključeno je da su varijance dnevne i noćne vidljivosti jednake.

S obzirom na jednakost varijanci u daljnjem postupku računanja korišten je t-test: Two sample Assuming Equal Variances.

T-test je proveden uspoređujući stvarne vrijednosti  $Q_d$ -a i  $R_L$ -ate njihove vrijednosti dobivene formulom. Ispitano je da li postoji statistički značajna razlika između tih vrijednosti. Sam test se sastoji od dvije hipoteze,  $H_0$  (nul-hipoteza) predstavlja neku tvrdnju a  $H_1$  (alternativna hipoteza) tvrdnju suprotnu  $H_0$ . U ovom slučaju prva hipoteza je  $H_0$  koja označava da nema statistički značajne razlike između ispitivanih dnevnih/noćnih vrijednosti dok je druga hipoteza  $H_1$  koja tvrdi da statistički značajna razlika između navedenih varijabli postoji. Kako bi se utvrdilo koja hipoteza je istinita, koristi se  $\alpha$  koja predstavlja razinu značajnosti a iznosi 0,05.

Dobiveni rezultati usporedbe stvarne vrijednosti dnevne vidljivosti te dnevne vidljivosti dobivene formulom prikazani su u tablici 12. Tako varijabla 1 predstavlja stvarnu dnevnu vidljivost a varijabla 2 dnevnu vidljivost dobivenu formulom. Iz tablice se može iščitati da je  $p(0,144141718) > 0,05$  te se tada prihvaća hipoteza  $H_0$ , odnosno da ne postoji statistički značajna razlika između varijabli.

Tablica12. T-test dnevne vidljivosti

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	176,2758621	183,981681
Variance	408,9211823	375,9013046
Observations	29	29
Pooled Variance	392,4112434	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	56	
t Stat	-1,48126267	
P(T<=t) one-tail	0,072070859	
t Critical one-tail	1,672522303	
P(T<=t) two-tail	0,144141718	
t Critical two-tail	2,003240719	

*Izvor: Izradio autor*

Kako statistički značajne razlike između navedenih varijabli za dnevnu vidljivost nema, formule za predviđanje dnevne vidljivosti (navedene u poglavlju 8.2.) su točne te se vrijednosti dnevne vidljivosti dobivene pomoću njih statistički ne razlikuju od stvarnih.

Identičan proces je proveden na vrijednostima noćne vidljivosti (tablica 13.). Varijabla 1 predstavlja stvarnu noćnu vrijednost dok je varijabla 2 vrijednost noćne vidljivosti dobivena formulom. Kako je  $p(9,12728E-08) < 0,05$ , ne prihvaća se hipoteza  $H_0$  već hipoteza  $H_1$ . Samim time, statistički značajna razlika između varijabli postoji.

Tablica13. T-test noćne vidljivosti

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	263,6896552	314,8375958
Variance	965,1502463	1049,930859
Observations	29	29
Pooled Variance	1007,540553	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	56	
t Stat	-6,13593691	
P(T<=t) one-tail	4,56364E-08	
t Critical one-tail	1,672522303	
P(T<=t) two-tail	9,12728E-08	
t Critical two-tail	2,003240719	

*Izvor: Izradio autor*

U slučaju noćne vidljivosti dobivena formula ne funkcionira jer su vrijednosti stvarne noćne vidljivosti statistički različite od vrijednosti noćne vidljivosti dobivenih formulom. Tako je pomoću koeficijenta (koeficijent nastao dijeljenjem prosječne noćne vidljivosti s dnevnom) nemoguće predvidjeti vrijednost noćne vidljivosti.

## 9. ZAKLJUČAK

Pojmovi kao što je dnevna i noćna vidljivost, retrorefleksija, prometna infrastruktura te oznake na kolniku predstavljaju čimbenike koji izravno utječu na sigurnost prometa. S konstantnim povećanjem broja vozila na cestama, povećava se broj prometnih nesreća. Jedan od načina da se taj broj smanji je analiza svih navedenih elemenata. Posebnu pozornost je potrebno posvetiti prometnoj signalizaciji, pa tako i oznakama na kolniku. Oznake na kolniku imaju važnu svrhu a to je upozoravati, voditi te informirati sudionike u prometu o sigurnom upravljanju vozilom pritom pazeći na zakonska ograničenja. U ovom diplomskom radu su detaljno opisane vrste oznaka, materijali od kojih se izrađuju, uređaji s kojima se nanose i načini na koje se mjeri njihova kvaliteta.

Sama kvaliteta oznake na kolniku je veoma bitna jer u uvjetima slabe vidljivosti (kiša, magla, snijeg) te noću mora vozaču pružiti sigurnost. Da bi oznake na kolniku zadovoljile propisanu razinu kvalitete potrebno je ispitati njihovu kvalitetu koja je vezana uz njihovu vidljivost. Ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku provodi se na dva načina: statičkom i dinamičkom metodom. Statička metoda ispituje dnevnu i noćnu vidljivost, dok dinamička metoda ispituje retrorefleksiju, odnosno noćnu vidljivost oznaka na kolniku.

Obradom podataka o vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku dobivena je korelacija između navedenog, što je bio i cilj diplomskog rada. Pretpostavilo se da bi se dinamičkom metodom mjerila noćna vidljivost te na temelju matematičkog odnosa mogla procijeniti dnevna vidljivost. Dinamička metoda predstavlja najprikladniju metodu mjerenja vidljivosti (mogućnost bržeg prikupljanja velike količine podataka, daje sliku cijele dionice ceste, ne ometa odvijanje prometa) ali joj je mana što se na taj način ispituje samo noćna vidljivost (iako je ona za sigurnost prometna najvažnija).

Mjerenja su vršena na dionicama državnih cesta na području Bjelovarsko-bilogorske, Osječko-baranjske i Sisačko-moslavačke županije. Podaci o dnevnoj i noćnoj vidljivosti oznaka na kolniku na navedenim cestama uzeti su za period od 2012 do 2014 godine te je ukupno obuhvaćeno 1182 mjerenja. Podaci korišteni u ovom diplomskom radu su dobiveni mjerenjem retrorefleksije statičkom metodom. Navedena metoda podrazumijeva mjerenje dnevne i noćne vidljivosti a uređaj koji se u tu svrhu koristio je statički reflektometar.

Kako bi se procijenila jakost korelacije između dnevne i noćne vidljivosti, korišten je Pearsonov koeficijent korelacije. Normalna distribucija podataka preduvjet za parametarsku analizu (u koju spada i Pearson), pa je prije provođenja Pearsonovog koeficijenta korelacije bilo potrebno ispitati da li su date varijable normalno distribuirane.

Vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti su normalno distribuirane varijable, što je i dokazano koristeći grafičku metoda stvaranja histograma. Oblik krivulje mora biti zvonolik te što više simetričan, jer se 50 % podataka nalazi na jednoj strani krivulje a 50 % na drugoj.

Pearsonov koeficijent korelacije se koristi kada između varijabli promatranog modela postoji linearna povezanost. Njegova vrijednost se kreće od +1 (savršena pozitivna korelacija) do -1 (savršena negativna korelacija). Primjenom Pearsonovog koeficijenta korelacije na vrijednostima dnevne ( $Q_d$ ) i noćne ( $R_L$ ) vidljivosti zaključeno je da je povezanost između dnevne i noćne vidljivosti jako mala. Veličina  $r$  u ovom slučaju iznosi 0,3252.

Nakon izračuna Pearsonog koeficijenta proveden je T-test. T-test je jedna od najpoznatijih statističkih metoda koja se zasniva na Studentovoj ili  $t$  razdiobi. Pomoću njega je određeno dali postoji statistički značajna razlika između stvarne vrijednosti  $Q_d$ -a i  $Q_d$ -a dobivenog formulom. Identičan proces je proveden za vrijednosti noćne vidljivosti. Rezultati istraživanja su pokazali da kod dnevne vidljivosti ne postoji značajna razlika između navedenih varijabli. Samim time formule koje su postavljene za predviđanje dnevne vidljivosti su statistički točne te se pomoću koeficijenta (nastalog dijeljenjem prosječne noćne vidljivosti s prosječnom dnevnom) mogu predvidjeti vrijednosti dnevne vidljivosti, ukoliko vrijednosti noćne vidljivosti imamo već izmjerene dinamičkom metodom. U slučaju noćne vidljivosti statistički značajna razlika postoji, odnosno dobivena formula ne funkcionira za noćnu vidljivost. Cilj diplomskog rada bio je iz rezultata dinamičkih mjerenja koja mjere samo noćnu vidljivost izračunati (predvidjeti) kakva je dnevna što je navedenim formulama i omogućeno, dok se rezultati dobiveni za noćnu vidljivost zanemaruju.

## LITERATURA

1. Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2014/2015.
2. Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku- Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, Zagreb, 2010.
3. Babić, D., Fiolić, M., Prusa, P.: Evaluation of Road Markings Retroreflection Measuring Methods. European Scientific Journal, 2014.; p. 104-114
4. Asdrubali, F., Buratti, C., Moretti, E., D'Alessandro, F., Schiavoni, S.: Assessment of the Performance of Road Markings in Urban Areas: The Outcomes of the CIVITAS RENAISSANCE Project, The Open Transportation Journal, 2013, 7, 7-19
5. Babić, D., Ščukanec, M., Fiolić, M.: Analysis of Road Markings Retroreflection Measurement on Croatian State Roads; International Scientific Conference ZIRP, Zagreb
6. Izvor: Parker, N. A., Meja, J. S. M. Evaluation of the performance of permanent pavement markings. Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, Washington D.C., 2003.; p. 123-132.
7. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)
8. Papić, M.: Primijenjena statistika u MS Excelu: za ekonomiste, znanstvenike i neznalice, Zoro, Zagreb-Sarajevo, 2008, ISBN:
9. Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2015., Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske 2015, Zagreb, 2016.
10. Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and Characteristics of Waterborne Road Markings Paint, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015., Vol. 5(2), p. 150-169.
11. Ščukanec, A. Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnog prometne sigurnosti. Doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2003.
12. Memišević, H.: Statistički putokazi: Normalna distribucija i kako do nje doći., Sarajevo, BIH, 2010.
13. Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.

**Internetski izvori:**

1. <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html> (08.04.2016)
2. [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005\\_03\\_33\\_662.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html), (02.06.2015)
3. <http://www.prometna-zona.com/oznake-na-kolniku/>, (02.06.2015)
4. <http://www.signalizacija.hr/serviceHor.html>(03.06.2015)
5. <http://www.vps-prometna-signalizacija.hr/proizvodi/7/debeloslojne-horizontalne-oznake> (04.04.2016)
6. [www.hofmannmarking.de/en/picture.php?id=71](http://www.hofmannmarking.de/en/picture.php?id=71)(04.04.2016)
7. [www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/](http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/), (24.04.2016)
8. <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Ispitni-laboratorij-Zavoda-za-prometnu-signalizaciju.pdf>, (30.05.2016)
9. <http://www.transcat.com/brand/defelsko/>, (30.05.2016)
10. <http://www.hrvatski-cestar-giu.hr/resources/giu/data/zbornik2009.pdf> (02.02.2016.)
11. <http://www.sup.hr/>, (02.02.2016)
12. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Korelacija>, (30.05.2016)
13. <http://www.snz.unizg.hr/test/test4/datoteke/200605200146410.Korelacija.pdf>, (30.05.2016)



## POPIS SLIKA, TABLICA i GRAFOVA

### Popis slika

Slika 1. Puna uzdužna crta .....	5
Slika 2. Isprekidana uzdužna crta.....	5
Slika 3. Kratka isprekidana crta .....	5
Slika 4. Crta upozorenja .....	5
Slika 5. Dvostruka puna razdjelna crta.....	6
Slika 6. Dvostruka isprekidana crta.....	6
Slika 7. Dvostruka kombinirana crta.....	6
Slika 8. Puna crta zaustavljanja.....	7
Slika 9. Poprečne isprekidane crte na raskrižju.....	7
Slika 10. Kose crte .....	7
Slika 11. Graničnik.....	8
Slika 12. Pješački prijelaz .....	8
Slika 13. Ostale oznake na kolniku .....	10
Slika 14. Postupak nanošenja boje na kolnik .....	11
Slika 15. Hladna plastika.....	13
Slika 16. Termoplastika.....	13
Slika 17. Prikaz stroja za nanošenje termoplastike-Extruder .....	15
Slika 18. Trake za trajne i privremene oznake .....	16
Slika 19. Zrcalna refleksija.....	17
Slika 20. Difuzna refleksija.....	18
Slika 21. Retrorefleksija .....	18
Slika 22. Prikaz dnevne i noćne vidljivosti .....	20
Slika 23. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku .....	23
Slika 24. Primjer statičkog uređaja za mjerenje refleksije .....	24
Slika 25. Princip mjerenja Kentucky metodom .....	25
Slika 26. Princip mjerenja metodom prema njemačkom propisu ZTV M 02 .....	27
Slika 27. Prikaz principa mjerenja noćne vidljivosti.....	27
Slika 28. Prikaz dinamičkog retroreflektometra.....	28
Slika 29. Prikaz vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije .....	42
Slika 30. Prikaz vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije .....	42

## Popis tablica

Tablica 1. Ovisnost širine rubne i razdjelne crte o širini kolnika.....	4
Tablica 2. Broj mjerenih odsječaka prema njemačkom propisu ZTV M 02.....	26
Tablica 3. Rezultati mjerenja provedeni u dvije kampanje .....	30
Tablica 4. Minimalne vrijednosti retrorefleksije za obnovljene linije tipa 1. ....	34
Tablica 5. Minimalne vrijednosti retrorefleksije za obnovljene linije tipa 2. ....	34
Tablica 6. Minimalne vrijednosti retrorefleksije za postojeće linije tipa 1.....	35
Tablica 7. Minimalne vrijednosti retrorefleksije za postojeće linije tipa 2.....	35
Tablica 8. Prosječne vrijednosti $Q_d$ i $R_L$ za središnju, rubnu lijevu i rubnu desnu liniju.....	37
Tablica 9. Prikaz jačine povezanosti između varijabli .....	41
Tablica 10. Pearsonov koeficijent korelacije dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku...	43
Tablica 11. Izračun slučaja a) za središnju, rubnu lijevu i rubnu desnu liniju .....	44
Tablica 12. T-test dnevne vidljivosti.....	46
Tablica 13. T-test noćne vidljivosti.....	47

## Popis grafova

Grafikon 1. Histogram noćne vidljivosti oznaka na kolniku .....	40
Grafikon 2. Histogram dnevne vidljivosti oznaka na kolniku .....	40

## METAPODACI

**Naslov rada:** Analiza korelacije između dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku

**Student:** Jelena Marčetić

**Mentor:** Doc.dr.sc. Darko Babić

**Naslov na drugom jeziku (engleski):** Correlation analysis between the day and night visibility of road markings

**Povjerenstvo za obranu:**

- Prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec, predsjednik
- Doc. dr. sc. Darko Babić, mentor
- Prof. dr. sc. Dubravka Hozjan, član
- Prof. dr. sc. Mario Šafran, zamjena

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Zavod za cestovni promet

**Vrsta studija:** diplomski

**Studij:** Promet

**Datum obrane diplomskog rada:** 27. rujna 2016

**Napomena:** pod datum obrane diplomskog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih  
znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljeni literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom

### **Analiza korelacije između dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 16.9.2016 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(potpis)